DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 9. September 1938 | Heft 36

Adolf Fick und die heutige Physiologie[1].

Von Edgar Wöhlisch, Würzburg.

Die moderne Physiologie ist eine sehr junge Wissenschaft: dies wird uns besonders klar, wenn wir bedenken, daß Adolf Fick, der Gründer dieses Institutes, zu den großen Klassikern ihrer ersten Generation gehört. Fragen wir uns, was denn den Hauptunterschied der neueren gegenüber der alten Physiologie ausmache, so lautet die Antwort: *Die grundsätzliche Anwendung des Experimentes zur Lösung der Fragestellungen.* Die moderne Physiologie ist also die *experimentelle* Wissenschaft von den Lebensfunktionen. Dieser Unterschied gegenüber der älteren Physiologie ist kein rein äußerlicher, sondern, wie wir bald sehen werden, ein durchaus wesentlicher, ja weltanschaulich begründeter.

Die ältere Physiologie war eine vorwiegend morphologische, stark spekulative, wohl sorgfältig beobachtende, aber das Experiment gering schätzende und auf die alte schulenmäßige Lebenskraftlehre, den *Vitalismus*, eingeschworene Wissenschaft. An ihrem Ausgange steht eine ehrwürdige Gestalt, in der gleichsam symbolisch die Kennzeichen der alten physiologischen Richtung verkörpert sind. Es ist Johannes Müller (1801—1858). Seine größte physiologische Leistung ist eine spekulative im besten Sinne des Wortes: die Erkenntnis des Gesetzes von den spezifischen Sinnesenergien oder, wie wir heute besser sagen würden, von den spezifischen Sinnesempfindungen. Wenn J. Müller auch hin und wieder experimentiert hat, so preist er doch — stark unter dem Eindruck der Farbenlehre Goethes stehend — die einfache Beobachtung gegenüber dem Experiment als „schlicht, unverdrossen, fleißig, aufrichtig, ohne vorgefaßte Meinung", verdächtigt demgegenüber den Versuch als „künstlich, ungeduldig, emsig, abspringend, leidenschaftlich, unzuverlässig" und beweist damit, daß ihm das tiefere Wesen der experimentellen Naturwissenschaften verschlossen geblieben ist.

Der Übergang von der alten, morphologischen zur neueren, experimentellen Physiologie ist nun nicht etwa, wie man denken könnte, in rein äußeren technischen Ursachen, etwa der Entwicklung des Instrumentenwesens, zu suchen, sondern er ist vor allem ermöglicht worden durch eine andere, unbefangenere weltanschauliche Einstellung der Forscher zu den Dingen der belebten Natur, wie sie sich aus der bewußten Abkehr von dem überalterten Dogma des Vitalismus ergibt. Es kann wohl kein Zweifel bestehen, daß die pessimistische Einstellung der gesamten älteren Biologie zum exakten physikalischen und chemischen Experiment, dem doch fast ausnahmslos alle Erfolge der modernen Biologie und Medizin zu verdanken sind, in der vitalistischen Auffassung der Lebensvorgänge wurzelte. Was sollte es für einen Sinn haben, die Erforschung des Lebendigen mit exakt physikalischen oder chemischen Fragestellungen und der entsprechenden Methodik anzugehen, wenn man von vornherein überzeugt war, daß die physikalischen und chemischen Gesetze für den lebenden Organismus gar keine Gültigkeit besitzen! Niemand hat den unseligen lähmenden Einfluß der Lebenskraftlehre auf die Biologie klarer erkannt und dieser Erkenntnis schärferen Ausdruck verliehen als der geniale Entdecker des Energieprinzips, Julius Robert Mayer (1814—1878). In einer programmatischen, auch heute noch höchst lesenswerten Schrift: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel" vollzieht er im Jahre 1845, also 3 Jahre nach der Veröffentlichung seines großen Gesetzes, den Bruch mit dem Vitalismus und stellt mit dem an diesem merkwürdigen Manne immer wieder zu bewundernden, fast seherischen Weitblick in unerhörter Klarheit als *Axiom den Satz von der Gültigkeit des Energieprinzips auch für den lebenden Organismus* auf. Wenn man will, kann man daher mit gutem Recht dieses Jahr 1845 als das Geburtsjahr der modernen Physiologie auffassen. Erst fast 40 Jahre später (1893) erweist Max Rubner experimentell die Richtigkeit des Mayerschen Gesetzes für das Tier, noch wesentlich später die amerikanischen Forscher Atwater und Benedict auch für den Menschen. Mayers eigene Worte lauten:

„Durch die Annahme einer solchen hypothetischen Aktion der ‚Lebenskraft' wird jede weitere Forschung abgeschnitten und die Anwendung der Gesetze exakter Wissenschaften auf die Lehre von den Lebenserscheinungen unmöglich gemacht; ihre Bekenner werden, gegen den Geist des Fortschrittes, der sich in der Naturforschung jetziger Zeit kundgibt, in das Chaos ungezügelter Phantasiespiele zurückgeführt. Der Verfasser glaubt daher, auf das Einverständnis seiner Leser rechnen zu dürfen, wenn er der folgenden Untersuchung als axiomatische Wahrheit den Satz unterlegt: daß während des Lebensprozesses nur eine *Umwandlung*, so wie der Materie, so der Kraft, niemals aber eine *Erschaffung* der einen oder anderen vor sich gehe."

I. R. Mayer hat selbst niemals experimentell physiologisch gearbeitet. Doch ganz im Sinne des von ihm entworfenen Programmes, wenn auch ohne bewußte Anlehnung an dieses, gehen bald darauf die bahnbrechenden Verkünder der modernen Physiologie an ihr Werk. Es ist ein glänzendes

[1] Vortrag zur Feier des 50jährigen Bestehens des Physiologischen Instituts der Universität Würzburg in der Sitzung der Physikalischen Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg vom 19. Mai 1938.

Dreigestirn gleichgesinnter Freunde: der älteste KARL LUDWIG (1816—1895), der zum physiologischen Lehrmeister der ganzen Welt wurde, der zwei Jahre jüngere EMIL DU BOIS-REYMOND (1818 bis 1896), der Begründer der modernen Elektrophysiologie, der feinsinnige Schriftsteller und Redner, der philosophische Kritiker der Grenzen unseres Naturerkennens, und endlich der jüngste von ihnen, ein Genius von einmaliger Größe, vor dem sich auch die beiden andern in Ehrfurcht beugten, HERMANN HELMHOLTZ (1821—1894).

Diese 3 Meister der physikalischen Fragestellung und des physikalischen Experimentes geben der jungen Physiologie, die also von Geburt eine rein deutsche Wissenschaft ist, sehr schnell ihr Gepräge, an dem sich bis auf den heutigen Tag nichts Grundsätzliches geändert hat. Von ihnen empfängt der nur wenig jüngere, vierte große Klassiker unseres Faches, ADOLF FICK, die für seinen Lebensweg entscheidende Ausrichtung der Interessen.

Wenn wir heute rückblickend das Leben ADOLF FICKS betrachten, so müssen wir ihn als ein rechtes Kind des Glückes bezeichnen. Er wurde 1829 als das jüngste von 9 Kindern seines Vaters, des Geh. Oberbaurats FRIEDRICH FICK, in Kassel geboren. ADOLF FICK fiel schon in der Schule durch seine hohe mathematische Begabung auf und bezog die Universität Marburg 1847 eigentlich mit der Absicht, Mathematik zu studieren. Da erteilte ihm sein 7 Jahre älterer Bruder HEINRICH, später Professor der Rechte in Zürich, den Rat, nicht Mathematik, sondern Medizin als Hauptfach zu wählen, weil in diesem Fach die mathematische Schulung von vornherein einen großen Vorsprung verleihe. Wenn wir bedenken, daß damals die exakten Wissenschaften eben erst ihren Einzug in die Medizin hielten, so müssen wir den Weitblick dieses Bruders, der doch nicht einmal zum Fach gehörte, besonders bewundern.

FICK studierte also Medizin und daneben analytische Mechanik. Als Ergebnis dieser mathematischen und anatomischen Studien entstand schon in seinen ersten Semestern eine Arbeit über die Statik der Skelettmuskeln, die heute noch die Grundlage unserer Kenntnisse von der Wirkung der Hüftmuskulatur bildet.

Als ein besonders glücklicher Umstand muß es angesehen werden, daß FICK in Marburg den 13 Jahre älteren KARL LUDWIG, der damals junger Dozent für Anatomie und Physiologie war, zum Lehrer hatte. In jener Zeit wurde der Grund für eine Lebensfreundschaft zwischen den beiden ausgezeichneten Männern gelegt.

1849 ging FICK vorübergehend nach Berlin. Hier hörte er klinische Vorlesungen u. a. bei LANGENBECK, SCHÖNLEIN, ROMBERG und hospitierte auch bei JOHANNES MÜLLER, soll aber von diesem keine wesentlichen Anregungen davongetragen haben. Dagegen schloß er sich an DU BOIS-REYMOND und HELMHOLTZ an, mit denen er später auch in Briefwechsel blieb. Bald kehrte er wieder nach Marburg zurück, wo er 1851 zum Dr. med. promovierte. Kurz darauf erhielt er eine Prosektorstelle in Marburg, ging aber schon 1852, gleichfalls als Prosektor, zu dem inzwischen nach Zürich berufenen KARL LUDWIG. Nach LUDWIGS Fortgang nach Wien wird FICK 1855 a. o. Prof. für Anatomie und Physiologie und bleibt Prosektor bei LUDWIGS Nachfolger MEYER. Im Jahre 1856 erscheint FICKS erstes Buch, die „Medizinische Physik". Im gleiJahre bieten sich dem erst 26jährigen Aussichten, als HELMHOLTZ' Nachfolger nach Königsberg zu kommen. Er kommt auf HELMHOLTZ' Vorschlag auf die Liste der Fakultät, wird aber nicht berufen. Bei dieser Gelegenheit kommt es zu einem für FICK sehr bedeutungsvollen Briefwechsel mit HELMHOLTZ, aus dem ich die wichtigsten Sätze wiedergebe. HELMHOLTZ schreibt:

„Offengesagt würde ich vielleicht haben erlangen können, Sie vor ECKARD vorgeschlagen zu sehen, wenn Sie mehr und größere Experimentaluntersuchungen ausgeführt hätten. Aber wenn auch solche streng theoretischen Untersuchungen, wie Sie sie betreiben, von den Fachgelehrten hochgeschätzt werden, so werden Sie sich denken können, daß die Leute, welche in einer Medizinischen Fakultät mitstimmen, keinen rechten Begriff von dem Werte solcher Untersuchungen haben. Die Königsberger hatten durch BRÜCKE und mich große Achtung vor der Experimentalphysiologie gefaßt" (HELMHOLTZ hatte nämlich inzwischen 1851 den Augenspiegel erfunden) „und man muß das bei dem jetzigen Stande der Dinge für eine ganz achtbare Ansicht erklären, aber die Molekulartheorie lag ihnen noch zu fern. Überhaupt habe ich in meiner ganzen Erfahrung gelernt, bei Gelegenheit der Erhaltung der Kraft, daß die Naturforscher theoretische Ansichten und Analysen nur von Jemand willig aufnehmen, der entweder schon als großer Mathematiker, oder aber als Experimentator bekannt ist.

Erlauben Sie mir also, Ihnen einen Rat zu erteilen, so machen Sie sich einmal über eine ordentliche Experimentaluntersuchung her, auf die man sich in ähnlichen Fällen künftig berufen kann. An Stoff und Methode kann es Ihnen ja nicht fehlen. Ich rate Ihnen dies nicht nur um äußerer Zwecke willen, sondern Sie werden auch sehen, daß nichts so zur Bereicherung und immer mannigfacheren Verknüpfung der theoretischen Erkenntnisse führt, als der Zwang, experimentelle Schwierigkeiten, welche überall neu auftauchen, zu ergründen und zu überwinden."

FICK verbleibt also in Zürich und erhält dort 1861 die Physiologische Professur, die er bis zu seiner Berufung nach Würzburg im Jahre 1868 bekleidete. In Zürich hatte er einen überaus anregenden Freundeskreis, aus dem ich Namen wie BIERMER, NÄGELI, BILLROTH, den Mathematiker PRYM und vor allem den genialen Physiker RUDOLF CLAUSIUS, den Begründer der kinetischen Gastheorie und des Entropieprinzips, erwähne. Gerade der Gedankenaustausch mit CLAUSIUS sollte sich für ADOLF FICKS muskelphysiologische Arbeiten als besonders wertvoll erweisen.

1868 kommt FICK als Nachfolger des jung verstorbenen ersten Würzburger Ordinarius für Physiologie, ALBERT VON BEZOLD, nach Würzburg und wirkt dort zunächst im sog. Kollegienhaus, in

Räumen, die heute zum Pharmazeutischen Institut gehören. 1888 weiht er das neue Physiologische Institut ein und verbleibt noch bis zum Jahre 1899 im Amte, aus dem er freiwillig als Siebzigjähriger ausscheidet. Er verstarb zwei Jahre später. Sein Nachfolger war MAX V. FREY, der ebenfalls aus Zürich kam und auch wie fast alle Physiologen und viele andere bedeutende Mediziner jener Generation ein Schüler KARL LUDWIGS war.

Wenn ich nunmehr auf die wissenschaftlichen Leistungen ADOLF FICKS zu sprechen komme, so ist die Meinung durchaus irrig, daß er sich nur mit Muskelphysiologie befaßt habe. Im Gegenteil war FICK einer der wenigen Physiologen von universellem Können und Wissen. Freilich betrifft der größere Teil seiner Arbeiten muskelphysiologische Fragestellungen. Zahlreiche andere Veröffentlichungen befassen sich indes — oft in grundlegender Weise — mit der allgemeinen Physiologie der Erregung, insbesondere des Nerven, mit der Lehre von den Reflexen, der Atmung, dem Kreislauf, der Verdauung und den Sinnesorganen. Außerdem hat er sich eingehend mit rein physikalischen Fragen, wie z. B. der Diffusion, befaßt. Die bekannte Differentialgleichung der Diffusion stammt von ihm. Er war eben ein so ausgezeichneter Physiker, daß er nach dem Fortgang seines Freundes CLAUSIUS, der gleichzeitig mit FICK einige Jahre in Würzburg tätig war, vor dem Amtsantritt von KUNDT vertretungsweise die Hauptvorlesung in Physik las, was ihm eine besondere Freude bereitete.

Auf dem Gebiete der Muskelphysiologie hatte LIEBIG die Theorie aufgestellt, daß die Verbrennung der eigentlichen Muskelsubstanz, d. h. die Verbrennung von Eiweiß, die Energie für die Muskelarbeit liefere, während die Verbrennung von eiweißfreier Substanz lediglich die zur Aufrechterhaltung der Körperwärme nötige Wärme hervorbringen sollte. ADOLF FICK bezweifelte diese dualistische Theorie LIEBIGS und entwarf einen genauen Plan zu ihrer experimentellen Prüfung, zu dessen Durchführung er seinen Freund, den Chemiker WISLICENUS, heranzog. Dieser schreibt über den Arbeitsplan dieser berühmt gewordenen Untersuchung:

„Wir sollten, nachdem wir uns auf Stickstoffhunger gesetzt, durch Besteigung eines ansehnlichen und steilen Berges von bekannter Höhe eine aus unseren Körpergewichten genau berechenbare Arbeit leisten, durch Bestimmung der Menge des kurz vor, während und nach der Besteigung im Harn ausgeschiedenen Stickstoffs ein Maß für die verbrauchte Menge Muskeleiweiß gewinnen, aus derselben die im Maximum entwickelbare Verbrennungswärme berechnen und die derselben äquivalente Arbeitsmenge mit der durch die senkrechte Hebung wirklich geleisteten Arbeit vergleichen. Daß mich dieses Programm mächtig packte und ich die Einladung des Freundes mit Freuden annahm, ist wohl verständlich. Wir haben darauf das Ganze durchgesprochen, den Arbeitsplan in allen Details genau festgestellt und das Faulhorn als Versuchsberg gewählt."

Dieser am 30. August 1865 ausgeführte klassische Versuch der Faulhornbesteigung hatte das bekannte Ergebnis, daß die aus der Verbrennung des Eiweißes stammende Energiemenge auch nicht annähernd zur Deckung der bei der Besteigung geleisteten Arbeit ausreichend sein konnte. Die Lehre LIEBIGS war damit widerlegt. Alle späteren ähnlich oder anders angelegten Nachprüfungen dieses Versuches hatten grundsätzlich das gleiche Ergebnis. Unsere heutige sehr eingehende Kenntnis des Tätigkeitsstoffwechsels der Muskulatur erlaubt uns auch eine Beantwortung der Frage, warum bei der Muskelarbeit keine Mehrausscheidung von Stickstoff erfolgt: der eigentliche Energievorrat des Muskels steckt in dem Kohlehydrat Glykogen. Zwar erfolgt bei der Muskelarbeit auch ein Zerfall von stickstoffhaltigem, nichteiweißartigem Material, jedoch werden dessen Spaltprodukte nicht ausgeschieden, sondern an Ort und Stelle resynthetisiert.

Eine der Hauptfragen der Muskelphysiologie ist die, zu welcher Art von Kraftmaschinen eigentlich der Muskel zu rechnen sei, auf welchem Wege also letzten Endes die Umwandlung der chemischen Energie in mechanische Energie erfolge. Da sich im Muskel Verbrennungsvorgänge nachweisen lassen, erschien es allgemein als das nächstliegende, den Muskel als eine Art Wärmekraftmaschine aufzufassen, d. h. als eine Maschine, bei der durch die Verbrennung zunächst Wärme und aus dieser sodann mechanische Energie erzeugt wird, wie dies beispielsweise in den Dampfmaschinen und den Explosionsmotoren der Fall ist. Den Untersuchungen ADOLF FICKS verdanken wir den vielfach zunächst auch von seinen Fachgenossen mißverstandenen *Nachweis, daß der Muskel keinesfalls nach Art einer Wärmekraftmaschine arbeitet, sondern daß ihm ein völlig anderes, sehr viel wirksameres Konstruktionsprinzip zugrunde liegen muß.* Die Behandlung dieser Frage durch FICK ist der erste Fall der Anwendung thermodynamischer Gedankengänge in Form des 2. Hauptsatzes auf physiologische Vorgänge. Zweifellos verdankt FICK sein tiefes Eindringen in die großartige, aber schwierige und wenig anschauliche Welt der thermodynamischen Begriffe dem Gedankenaustausch mit seinem Freunde RUDOLF CLAUSIUS, dem die Verschmelzung der von CARNOT über den Einfluß der Temperatur auf den Nutzeffekt einer Wärmekraftmaschine geäußerten Gedanken mit dem Energieprinzip J. R. MAYERS zu dem 2. Hauptsatze der Thermodynamik gelang. Die Beweisführung FICKS ist die folgende: Bezeichnet man als Nutzeffekt $\eta = A/U$ einer Kraftmaschine das Verhältnis der von ihr abgegebenen nutzbaren Arbeit A zu der gleichzeitig von ihr insgesamt umgesetzten Energiemenge U, so läßt sich für eine Wärmekraftmaschine — und zwar *nur* für eine solche — der Nutzeffekt, unter der Voraussetzung der Vermeidung von Energieverlusten durch Reibung usw., aus dem bei der Arbeit der Maschine bestehenden Temperaturgefälle berechnen. Ist T_1 die

höhere, T_2 die tiefere Temperatur in absolutem Maße, so ist nämlich der Nutzeffekt nach CLAUSIUS

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Bei gegebenem Temperaturgefälle $T_1 - T_2$ kann von einer Wärmekraftmaschine also ein bestimmter Nutzeffekt nicht überschritten werden. Zeigt eine Maschine einstweilen unbekannter Wirkungsart einen Nutzeffekt, der höher ist als der, welcher sich nach der Gleichung von CLAUSIUS aus dem bei der fraglichen Maschine nachweisbaren Temperaturgefälle ergeben würde, so läßt sich mit Sicherheit aussagen, daß die Maschine keine Wärmekraftmaschine sein kann.

Dieser Fall liegt nun nach den Messungen ADOLF FICKS beim Muskel vor. FICK ermittelte durch geistvoll erdachte Vorrichtungen die von einem zuckenden Muskel geleistete maximale Arbeit. Es genügt hierfür nicht, daß man den Muskel einfach ein bestimmtes konstantes Gewicht heben läßt, denn die so gewonnene Arbeit ist wesentlich geringer als die maximale, d. h. unter günstigsten Bedingungen gewinnbare Arbeit. Um diese zu bestimmen, muß das den Muskel belastende Gewicht während der Zuckung in dem gleichen Maße abnehmen, wie die Kraft des Muskels, ähnlich wie bei der Ausdehnung eines Gases die maximale Arbeit nur gewonnen werden kann, wenn der zu überwindende Druck stets etwas kleiner bleibt als der während der Ausdehnung abnehmende Gasdruck. ADOLF FICK erreichte die Verwirklichung der idealen Arbeitsbedingungen dadurch, daß er das belastende Gewicht nicht direkt, sondern über einen Winkelhebel am Muskel angreifen ließ, der während der Zuckung automatisch eine der Kraftabnahme möglichst genau entsprechende Belastungsabnahme bewirkte. Diese Konstruktion FICKS findet auch noch in neuerer Zeit — z. B. in Untersuchungen von MEYERHOF — Verwendung. FICK erfand jedoch zur Ermittelung der maximalen Arbeit noch ein weiteres, ebenfalls heute, z. B. von der HILLschen Schule, verwendetes Prinzip, nämlich das des Trägheits- oder Schwunghebels. Die bei der Zuckung vom Muskel abgegebene Gesamtenergie schätzte FICK aus der thermoelektrisch gemessenen, bei der Zuckung auftretenden Temperaturerhöhung. Diese lieferte ihm gleichzeitig das beim arbeitenden Muskel vorhandene Temperaturgefälle.

Für den Nutzeffekt des Muskels fand FICK auf dem hier angedeuteten Wege Werte von 0,2 bis 0,3 oder, in der häufig angewendeten prozentualen Berechnungsweise, von 20 bis 30%. Der Temperaturanstieg des Muskels betrug stets nur einige Tausendstel Grad Celsius. Nach der Gleichung von CLAUSIUS kann aber ein Nutzeffekt der beim Muskel gefundenen Größenordnung von einer Wärmekraftmaschine nur bei einem Temperaturgefälle von wesentlich über 100° erreicht werden. FICK zog daher als Erster den heute allgemein als richtig anerkannten Schluß, daß der Muskel unmöglich nach Art einer Wärmekraftmaschine funktionieren könne. FICKS Messungsergebnisse in dieser grundlegend wichtigen Frage haben durch die verfeinerte, moderne thermoelektrische Methodik, wie sie insbesondere von A. V. HILL entwickelt worden ist, natürlich einige quantitative Korrekturen erfahren. Wir wissen heute, daß der für den isolierten Muskel von FICK angegebene Nutzeffekt von 20 bis 30% etwa doppelt zu hoch ist, weil mit den Mitteln FICKS nur etwa die Hälfte der als Wärme abgegebenen Energiemenge gefunden werden konnte. HILL konnte zeigen, daß auch nach der Zuckung noch eine beträchtliche Wärmemenge, die sog. verzögerte Wärme, gebildet wird, welche auf die der Erholung des Muskels dienende oxydative Beseitigung der gebildeten Milchsäure zurückzuführen ist. Während also nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen der Nutzeffekt des isolierten Muskels nur etwa 15% beträgt, sind am arbeitenden Menschen wirklich mit Sicherheit Nutzeffekte von etwa 30% ermittelt worden. Unter allen Umständen steht es jedenfalls fest, daß bei der Muskelkontraktion die verbrauchte chemische Energie nicht über das Zwischenstadium der Wärme, d. h. ungeordneter kinetischer Energie der Moleküle, in nutzbare mechanische Arbeit verwandelt wird, wie dies in den Wärmekraftmaschinen der Fall ist, sondern daß, wie FICK dies richtig erkannt hat: *„bei der Muskelarbeit die chemischen Anziehungskräfte im Sinne des Muskelzuges geordnet unmittelbar mechanisch zur Wirkung kommen"*.

Die Frage, wie im einzelnen die Verkürzung des Muskels bei der Erregung zustande kommt, dieses Zentralproblem der ganzen Muskelphysiologie, hat bisher der Analyse ganz besondere Schwierigkeiten bereitet. Zahllose „Kontraktionshypothesen" sind im Laufe der Zeit von den muskelphysiologisch arbeitenden Forschern aufgestellt worden, — die meisten davon besitzen heute kaum noch historisches Interesse. Erst in jüngster Zeit sind auf diesem Gebiete durch das physiko-chemische Studium des Muskeleiweißes (A. v. MURALT und EDSALL, H. H. WEBER) und die röntgenspektroskopische Analyse der Zustandsänderungen des Muskels (ASTBURY) nennenswerte Fortschritte erzielt worden. Es muß jetzt als überaus wahrscheinlich angesehen werden, daß das globulinartige Myosin für die optische Doppelbrechung des Muskels verantwortlich und gleichzeitig der Träger der kontraktilen Eigenschaften des Muskels ist. Das kontraktile Gerüst des Muskels haben wir uns nach ASTBURY als ein Gitter aus fadenförmigen Myosinmolekülen vorzustellen, die wie die Glieder einer Kette in Richtung ihrer Längsachsen durch Hauptvalenzkräfte untereinander verbunden sind. Diese Ketten sind mit den Nachbarketten durch seitliche Kettenbrücken verbunden. Im ruhenden Muskel sollen die Myosinketten in gefalteter Form vorliegen, wobei die Faltungsrichtung senkrecht zur Faserachse verläuft. Die Faltungen können durch Dehnung des Muskels zum Verstreichen gebracht werden. Andererseits soll die Kontraktion des Muskels auf einer

weiteren Zunahme der Faltung (Überfaltung) beruhen. Zu allen diesen Zustandsänderungen finden sich nach ASTBURY weitgehende Analogien im Verhalten des Haares, dessen Gerüsteiweißkörper, das Keratin, in seinem Röntgendiagramm die größte Ähnlichkeit mit dem des Myosins aufweist.

In völliges Dunkel gehüllt ist leider einstweilen die Frage, wodurch die Myosinketten des Muskels bei der Kontraktion aus dem gewöhnlich gefalteten in den überfalteten Zustand versetzt werden.

Ergebnisse von ganz besonderer Tragweite sind in ADOLF FICKS „Beiträgen zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen" (1863) niedergelegt worden. Es sei mir gestattet, auf diese Dinge etwas ausführlicher einzugehen, da FICKS Verdienste um das *Fundamentalgesetz der elektrischen Reizung* heute vielfach nicht genügend gewürdigt werden: ADOLF FICK muß als der eigentliche Begründer der Lehre von der „Nutzzeit" erregbarer Gebilde angesehen werden, die in neuerer Zeit vor allem in der Form, die ihr GILDEMEISTER und der französische Physiologe LAPICQUE gegeben haben, das lebhafteste Interesse der Nervenphysiologen und der Neurologen gefunden hat. Daß FICK selbst für diesen Begriff, der bei ihm in voller Klarheit vorhanden ist, keinen eigenen Namen eingeführt hat, tut dabei nichts zur Sache.

Bekanntlich hatte EMIL DU BOIS-REYMOND in seinen klassischen „Untersuchungen über tierische Elektrizität" das Fundamentalgesetz der elektrischen Reizung folgendermaßen formuliert:

„Nicht der absolute Wert der Stromdichtigkeit in jedem Augenblick ist es, auf den der Bewegungsnerv (bzw. der Muskel selbst) mit Zuckung des zugehörigen Muskels antwortet, sondern die Veränderung dieses Wertes von einem Augenblick zum anderen, und zwar ist die Anregung zur Bewegung, die diesen Veränderungen folgt, um so bedeutender, je schneller sie bei gleicher Größe vor sich gingen, oder je größer sie in der Zeiteinheit waren".

Bei der Erläuterung dieses seines Gesetzes betont DU BOIS-REYMOND, daß man auf Grund der bis dahin bekannten Tatsachen keinen Grund zu der Annahme habe, es könne zur Reizung des Nerven eine gewisse Dauer des elektrischen Vorganges erforderlich sein. Er stellt in diesem Zusammenhang einen Vergleich zwischen der Magnetnadel eines Multiplikators und dem Nerven an. Während die Nadel durch ihre Trägheit gehindert werde, sehr flüchtigen Strömen Folge zu leisten, soll eine derartige Trägheit für den Nerven nicht vorhanden sein:

„Allein die Natur," sagt DU BOIS-REYMOND, „hat uns für stärkere Ströme in den Magnetisierungserscheinungen, für schwächere noch in den Nerven und Muskeln gleichsam Systeme von Nadeln bereitet, deren *unendlich* geringes Trägheitsmoment, dem der unmittelbaren Träger der elektrodynamischen Kräfte nicht unähnlich, eine Beweglichkeit derselben ins Unbestimmte zuläßt, und welche zugleich so angeordnet, daß aus ihrem Zusammenwirken, nachdem jede einzeln erregt worden, vermöge ihrer Anzahl endliche wahrnehmbare Wirkungen hervorgehen".

DU BOIS-REYMOND hat zweifellos anfänglich einen Einfluß der Stromflußdauer auf das Zustandekommen der Erregung für möglich gehalten, da er versuchte, mit Hilfe eines einfachen Rheotoms die Stromdauer mehr und mehr zu verkürzen. Jedoch konnte er bei dem von ihm erreichten Mindestwert der Stromdauer von etwa 0,05 Sekunden an dem für derartige Untersuchungen verwendeten Nerv-Muskelpräparat des Frosches keine Verminderung des Reizerfolges feststellen. ADOLF FICK gelang der *sichere Nachweis eines Einflusses der Stromflußdauer mit außerordentlich einfachen Mitteln*, da er auf den glücklichen Gedanken kam, diese Frage zunächst an einem sehr langsam reagierenden Objekt, nämlich am Schließmuskel von Muscheln zu untersuchen. Er fand, daß ein galvanischer Strom, der bei längerer Dauer eine Zuckung des Muschelmuskels bewirkt, wirkungslos ist, wenn man die Stromdauer dadurch abkürzt, daß man „Schluß und Öffnung sehr rasch hintereinander, so schnell es mit der Hand geht" vornimmt. Erst oberhalb einer gewissen Durchströmungsdauer ruft der Strom also eine erregende Wirkung hervor. Es muß, mit FICKS eigenen Worten,

„ein Strom von bestimmter Dichtheit eine gewisse Zeit geschlossen bleiben, wenn der Schluß eine Zuckung im Muschelmuskel bewirken soll. Auch ist diese Dauer ohne allen Zweifel unvergleichlich größer als die Zeit, welche der Strom überall braucht, um sich in den feuchten Teilen seiner Bahn vollständig herzustellen. Man sieht ferner, daß die Zuckung um so stärker ausfällt, je länger der Strom dauert, vorausgesetzt, daß die Dauer eine gewisse noch unbestimmbare Grenze nicht überschreitet. Ist diese Grenze erreicht, so ist eine fernere Dauer des Stromes gleichgültig".

Wie man sieht, *ist in diesen Sätzen der moderne Begriff der Nutzzeit des erregenden Stromes in voller Klarheit enthalten*. FICK zeigte ferner bereits, daß für größere Stromstärken die Zeit, welche ein Strom fließen muß, um erregend zu wirken, kleiner ist, als für kleinere Stromstärken. Er macht weiterhin am Muschelmuskel die anfangs überraschende Feststellung, daß dieses Präparat für die Stromstöße eines Induktoriums im Vergleich zu den schnell reagierenden Muskeln des Frosches und des Menschen sehr wenig empfindlich ist: Stromstöße, welche die letztgenannten Muskeln mit Leichtigkeit in Tetanus versetzen, lassen den Muschelmuskel unbeeinflußt, erst eine wesentliche Verstärkung der Induktionsströme führt auch am Muschelmuskel eine Erregung herbei. FICK führt dieses Verhalten ganz richtig auf das Mißverhältnis zwischen der sehr geringen Dauer des einzelnen Induktionsstoßes und der verhältnismäßig großen Dauer der Nutzzeit — wie wir heute sagen würden — des Muschelmuskels zurück. Der analytische Feinsinn FICKS verrät sich, wie mir scheint, besonders darin, daß er die neugewonnenen Erkenntnisse auch auf die beim Öffnen eines galvanischen Stromes von genügender Stärke auftretende „Öffnungserregung" anwendet. FICK konnte nämlich zeigen, daß „eine Öffnungszuckung nur zustandekommen kann, wenn der Strom eine ziemlich lange Zeit geöffnet

bleibt", daß dagegen keine Öffnungszuckung auftritt, wenn der Strom sehr kurz nach seiner Öffnung abermals geschlossen wird. Dieser Befund bildet eine wichtige Stütze für die heute wohl allgemein anerkannte Auffassung, daß die Öffnungserregung nicht durch die Unterbrechung des dem Präparat zugeführten Stromes als solche, sondern durch das Fließen des Polarisationsstromes nach Unterbrechung des polarisierenden Stromes hervorgerufen wird. Im Sinne dieser Auffassung besagt FICKS Feststellung, daß ebenso wie ein von außen zugeführter Strom auch der im Nerven oder Muskel selbst entstehende Polarisationsstrom erst nach Ablauf einer Nutzzeit zu einer Erregung führt.

Im Anschluß an die von ihm zunächst in qualitativer Form erhobenen neuen Gesetzmäßigkeiten erörtert FICK bereits kurz die Frage nach der quantitativen Beziehung zwischen der jeweils zur Reizung nötigen Stromstärke und der zugehörigen Mindestdauer des Stromflusses. Nach FICK ergibt sich,

„daß die bei einem einfachen reizenden Strömungsvorgang durch den Muskel abgeglichene Elektrizitätsmenge nicht, wie DU BOIS-REYMONDS Formulierung des Gesetzes für den Froschmuskel verlangt, gleichgültig ist. Vielmehr wächst mit dieser Menge die Stärke des Reizes innerhalb gewisser Grenzen vielleicht ziemlich unabhängig von der zeitlichen Anordnung dieser Abgleichung. Vielleicht ist eine gewisse Elektrizitätsmenge nötig, um eine Reizung zu bewirken. In der Tat sahen wir: ist die Abgleichungszeit sehr klein (z. B. ein Induktionsschlag), so muß die Stromstärke sehr groß sein, ist die Abgleichungszeit sehr groß, so genügt eine geringe Stromstärke zur Reizung".

Vor allem aber beweist FICK bereits, daß die von ihm gefundenen Gesetzmäßigkeiten nicht nur für den Muschelmuskel, sondern auch für den Nerven oder Muskel des Frosches Geltung haben, mit dem einzigen Unterschied, daß bei diesen schnell reagierenden Objekten „die Zeiträume, während welcher der Strom fließen muß, außerordentlich viel kürzer als bei dem trägen Muschelmuskel" sind. Mit einem von ihm konstruierten Kontaktapparat gelingt es ihm, sehr kurze Stromstöße herzustellen, deren Dauer sich berechnen ließ, und auf diesem Wege zu ermitteln, daß die Nutzzeit des Froschmuskels von der Größenordnung 0,001 Sek. ist.

Die Frage nach der Abhängigkeit der Schwellenstromstärke von der Dauer des Stromflusses ist in neuerer Zeit besonders eingehend untersucht worden, vor allem von G. WEISS, GILDEMEISTER sowie LAPICQUE. Als der größte Fortschritt auf diesem Gebiet muß die *theoretische Behandlung des Problems der elektrischen Reizung durch* WALTER NERNST (1908) angesehen werden, der sich die Aufgabe stellte, auf Grund unserer Kenntnisse der beim Stromdurchgang durch einen Elektrolyten auftretenden Veränderungen für Gleichstromstöße die Beziehung zwischen der Schwellenstromstärke und der Stromflußdauer, für Wechselströme zwischen Schwellenstromstärke und Frequenz rechnerisch abzuleiten. NERNST geht dabei von folgenden Vorstellungen aus:

„Nach unseren gegenwärtigen elektrochemischen Anschauungen kann der galvanische Strom im organisierten Gewebe, also einem Leiter rein elektrolytischer Natur, keine anderen Wirkungen als Ionenverschiebungen, d. h. Konzentrationsänderungen, verursachen; wir schließen also, daß letztere die Ursache des physiologischen Effektes sein müssen. Bei Wechselströmen treten Konzentrationsänderungen in mit der Richtung des Stromes wechselndem Sinne auf. Wenn diese einen bestimmten Betrag annehmen, wird die physiologische Wirkung merklich werden, d. h. die Reizschwelle ist erreicht.

Es ist nun möglich, diese Konzentrationsänderungen zu berechnen, ohne gar zu spezielle Vorstellungen zu Hilfe nehmen zu müssen. Es ist bekannt, daß im organisierten Gewebe die Zusammensetzung der wässerigen Lösung, die den elektrolytischen Leiter bildet, nicht überall die gleiche ist, und insbesondere ist sie innerhalb und außerhalb der Zellen verschieden. Halbdurchlässige Membrane verhindern den Ausgleich durch Diffusion; nur an diesen Membranen können Konzentrationsänderungen durch den Strom erzeugt werden, während bekanntlich im Innern einer Lösung von überall gleicher Zusammensetzung der Strom eine solche Wirkung nicht hervorbringen kann, weil in jedem Volumelement in jedem Augenblick ebensoviele Ionen hinein- und hinauswandern.

An den halbdurchlässigen Membranen hingegen müssen Konzentrationsänderungen auftreten, weil der Strom daselbst Salz hintransportiert, dessen weiteren Transport die Membran verhindert. Salze, welche die Membran zu passieren imstande sind, übernehmen die Stromleitung durch die Membran. Hier ist also offenbar der Sitz der elektrischen Reizung zu suchen.

Wenn nun ein aus der Membran austretender Strom von der Dichtigkeit Eins die Salzmenge v von der Membran entfernt, so wird gleichzeitig infolge Diffusion eine Rückwanderung des Salzes eintreten. Die Konzentrationsänderung an der Membran wird also bedingt sein durch die entgegenwirkenden Effekte des Stromes und der Diffusion".

Auf Grund dieser Vorstellungen und gewisser vereinfachender Voraussetzungen gelangt NERNST für rechteckige Gleichstromstöße zu der Beziehung

$$i = \frac{k}{\sqrt{t}},$$

in der i den Schwellenwert der Stromstärke, t die eben zur Erregung führende Stromdauer, also die zur Stromstärke i gehörige Nutzzeit und k eine für das betreffende erregbare Gebilde kennzeichnende Konstante bedeuten. Anders geschrieben lautet die NERNSTsche Beziehung $i \cdot \sqrt{t} = k$ bzw. $i^2 \cdot t =$ Konst. Da $i^2 \cdot t$ der elektrischen Energie proportional ist, so besagt die NERNSTsche Theorie der elektrischen Reizung, daß die Erregung jedesmal dann auftritt, wenn eine bestimmte *Energiemenge* den Nerven passiert hat, — im Gegensatz zu der oben erwähnten Vermutung von FICK, daß zum Zustandekommen der Erregung eine bestimmte *Elektrizitätsmenge* notwendig ist ($i \cdot t =$ Konst.). Für Wechselströme führt die NERNSTsche Theorie zu der Formulierung

$$i = k \cdot \sqrt{\nu},$$

in der ν die Frequenz des Wechselstromes bedeutet. Die Formel besagt, daß die Schwellenstromstärke

um so höher liegt, je größer die Frequenz ist. Sie erklärt also die Tatsache, daß hochfrequente Wechselströme nur eine sehr geringe erregende Wirkung aufweisen. Hierauf beruht bekanntlich das wichtige elektrotherapeutische Verfahren der *Diathermie*, bei dem Wechselströme sehr hoher Frequenz und beträchtlicher Stromstärke ohne jede Reizwirkung durch den Körper geleitet werden, die durch ihre JOULESche Wärme sehr kräftige Heilwirkungen, z. B. bei rheumatischen und ähnlichen schmerzhaften Erkrankungen entfalten. Die geringe Reizwirkung hochfrequenter Ströme läßt sich ohne jede Rechnung auch auf Grund der ersten Feststellungen FICKS mit kurzen Gleichstromstößen verstehen: stellt doch jede Halbperiode eines Wechselstroms einen Stromstoß vor, dessen Dauer der Wechselstromfrequenz umgekehrt proportional ist. Eine Erregung kann durch Wechselstrom daher nur zustandekommen, wenn die Dauer einer Halbperiode die der betreffenden Stromstärke zugehörige Nutzzeit überschreitet.

Die NERNSTsche Theorie der elektrischen Reizung stellt, wie dies bei der Schwierigkeit des Problems wohl selbstverständlich ist, keine endgültige und vollständige Lösung vor, sie besitzt vielmehr den Charakter einer ersten Annäherung. Sie hat denn auch später mehrfach Erweiterungen, insbesondere durch A. V. HILL erfahren. Jedoch trägt der Grundgedanke von NERNST, daß letzten Endes Konzentrationsänderungen den Anstoß zur Erregung bilden, so sehr den Stempel der Wahrheit, daß spätere Bearbeiter der gleichen Frage ihn übernommen haben. Ergaben doch bereits die Formeln der NERNSTschen Theorie für weite Bereiche der Stromflußdauern bzw. der Frequenzen eine sehr befriedigende Übereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen.

Mit einigen Worten sei noch auf die Bedeutung der vorstehend erörterten erregungsphysiologischen Grundbegriffe für Fragen der praktischen Medizin eingegangen. FICKS Entdeckung des Einflusses der Stromdauer besagt, daß die Erregbarkeit eines Muskels oder Nerven nicht, wie man dies bis dahin geglaubt hatte, durch Angabe eines elektrischen Schwellenwertes, z. B. der zur Reizung erforderlichen Spannung oder Stromstärke, eindeutig gekennzeichnet werden kann; vielmehr bedarf es außerdem der Angabe eines zeitlichen Wertes, nämlich der Nutzzeit, durch welche die mehr oder minder große Reaktionsgeschwindigkeit des erregbaren Gebildes bei Einwirkung des elektrischen Reizes gemessen wird. Diese Tatsache hat sich für die menschliche Neuropathologie als überaus bedeutungsvoll erwiesen. Schon lange ist bekannt, daß bei Lähmungen motorischer Nerven als Ausdruck der sog. *Entartungsreaktion* eine vollständige Unerregbarkeit des zugehörigen Muskels gegenüber faradischen Reizen trotz unveränderter oder sogar gesteigerter Erregbarkeit für den galvanischen Strom nachweisbar sein kann. Wir wissen heute, daß diese Erscheinung auf einer starken Zunahme der Nutzzeit des geschädigten Muskels beruht, zufolge deren er auf die äußerst kurzdauernden faradischen Stromstöße ebensowenig mehr ansprechen kann, wie dies FICK für den vollkommen analog sich verhaltenden Muschelmuskel gefunden hatte. Ebenso wie dieser läßt auch ein die Entartungsreaktion aufweisender menschlicher Muskel anstatt der normalen, blitzartigen eine sehr träge, „wurmförmige" Zuckung erkennen.

Die praktisch-neurologische Anwendung der zeitmessenden Methoden zur Kennzeichnung der Erregbarkeit von menschlichen Muskeln und Nerven ist vor allem durch den von LAPICQUE eingeführten *Begriff der Chronaxie* mächtig gefördert worden. Man versteht unter Chronaxie die zu dem doppelten Wert der gewöhnlichen elektrischen Reizschwelle (der sog. „*Rheobase*" LAPICQUES) gehörige Nutzzeit. Sie beträgt nur etwa $^1/_{10}$ der zum Schwellenreiz selbst gehörigen „Hauptnutzzeit". Die Bestimmung der Chronaxie, auf deren theoretische Bedeutung hier nicht eingegangen werden kann, ist methodisch besonders dadurch vereinfacht und für klinische Zwecke eigentlich erst recht brauchbar gemacht worden, daß man sich an Stelle der ursprünglich verwendeten rechteckigen Stromstöße, die nicht leicht exakt dosierbar sind, der Kondensatorentladungen bediente. Man ermittelt dabei direkt also keinen Zeitwert, sondern eine Schwellenkapazität, aus der sich erst durch Umrechnung auf Grund einer empirischen Eichung die Zeitwerte der Chronaxie bzw. der Nutzzeit ergeben.

Ich komme zum Ende meiner Ausführungen. Ich habe versucht, zugleich mit dem Lebensbilde eines großen Forschers einen kurzen Abriß der Entwicklung einiger Gebiete unserer physiologischen Wissenschaft in den letzten etwa 80 Jahren zu geben.

In unserer Zeit, da so oft das Schlagwort von der Krisis in der Medizin ertönt, ist es erfreulich, festzustellen, daß die moderne Naturwissenschaft, die Physiologie insbesondere, von derartigen wirklichen oder auch nur angeblichen Krisen völlig verschont geblieben ist. Seit ihrer Begründung durch LUDWIG, DU BOIS-REYMOND, HELMHOLTZ, ADOLF FICK, PFLÜGER u. a. bis zum heutigen Tage ist sie unbeirrt und selbstsicher den Weg gegangen, den ihr diese großen Klassiker gewiesen haben, und niemand ist unter den heutigen Physiologen, der bezweifelte, daß dieser Weg der einzig richtige war und immer bleiben wird.

Gewiß hat sich auch in unserer Wissenschaft manches geändert: die Methoden sind komplizierter und feiner, die ganze Forschung ist damit kostspieliger geworden. Die physikalische Richtung hat sich von der chemischen getrennt. Alles das sind Äußerlichkeiten. Die geistige Haltung gegenüber den Problemen ist die gleiche geblieben: auch wir heutigen Physiologen stehen dem wunderbaren Rätsel des Lebens voll Ehrfurcht, aber nicht ohne Hoffnung auf ein Verstehen gegenüber. Und dieser Optimismus ist kein naiver, sondern ein durch große Erfolge wohl begründeter.

Sitzungen des Berliner Zweigvereins der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft 1937/38.

Am 8. November 1937 sprach Dr. SCHERHAG (Reichsamt für Wetterdienst) über die *Zunahme der atmosphärischen Zirkulation in den letzten 40 Jahren.* In den letzten Wintern traten im hohen Norden Nordamerikas und Europas, z. B. in Grönland, Island, Jan Mayen, vor allem auch auf Spitzbergen und der Bäreninsel recht bemerkenswerte hohe Temperaturen auf, so daß also eine außergewöhnliche Erwärmung alle diese Gebiete erfaßt hat. Die Eisgrenze ging recht erheblich zurück. Diese günstigen Eisverhältnisse haben es den Russen ermöglicht, in den letzten Jahren die Nordostpassage, den Wasserweg über Sibirien nach Asien, mit Erfolg zu erzwingen. Die Erscheinung erklärt sich daraus, daß in den letzten 10 Jahren über dem Nordatlantik eine zunehmende Häufigkeit der SW-Winde aufgetreten ist. Dies wiederum wurde verursacht durch Luftdruckabweichungen. Nach den Roßbreiten zu bis westlich der britischen Inseln war der Luftdruck erhöht, über ganz Nordeuropa aber erniedrigt. Die Zirkulation mußte sich demnach verstärken, so daß die Warmlufttransporte vom Ozean nach dem Norden wesentlich gesteigert wurden. Die Temperaturerhöhung erstreckte sich auf den größten Teil von Europa, nur in SW- und SO-Europa war sie nicht vorhanden. WAGNER hat gezeigt, daß schon im Jahrzehnt 1910 bis 1920 eine Verstärkung der Zirkulation zu verzeichnen war, vor allem im Vergleich zum Jahrzehnt 1886—1895. Alle diese Vorgänge scheinen mit der von KÖPPEN entdeckten 45jährigen Klimaschwankung zusammenzuhängen. Jetzt ist aber der Höhepunkt bereits überschritten, so daß damit gerechnet werden kann, daß die Winter wieder strenger werden.

Am 7. Dezember trug Regierungsrat Dr. KOPP (Observatorium Lindenberg) vor über die *flugklimatischen Bedingungen von Afghanistan und dem Pamirgebiet.* Er hat dort zusammen mit Dr. HOLZAPFEL, Lindenberg, vom August 1936 bis August 1937 meteorologische und aerologische Beobachtungen ausgeführt. Stationen wurden errichtet in Kabul (1800 m Meereshöhe) und auf einem benachbarten Berg in 3000 m Höhe, ferner im Wachan-Tal an der Grenze des Pamirgebietes am Anschona-Paß in 3850 m und in 4250 m Höhe. Unter sehr schwierigen Verhältnissen — die Gasflaschen mußten mit Kamelen transportiert werden — gelang es, wichtige Beobachtungen auszuführen, deren Ergebnisse für die Pamirflüge von großer Bedeutung sind. Über dem Bodenwind, der entweder aus SW oder NO kam, herrschte im Paß in etwa 300 m Windstille, darüber aber meist starker W-Wind, so daß also die Flugzeuge beim Hinflug in großer Höhe fliegen müssen, beim Rückflug dagegen tief. Während in Kabul, wo außerdem fast täglich Sandstürme auftraten, eine starke Temperaturinversion mit der Höhe auftrat, fehlte diese über dem Paß ganz. Die Bewölkungsverhältnisse waren im allgemeinen über dem Paß günstig, im Sommer fast stets nur 1 bis 2 Zehntel, am ungünstigsten im Februar, 7 Zehntel. Im August 1937 wurden anläßlich der Suche nach dem Pamirflugzeug des Freiherrn VON GABLENZ auch eine Reihe Flugzeugaufstiege ausgeführt.

Am 4. Januar 1938 sprach Dr. ISRAEL-KÖHLER, Meteorologisches Observatorium Potsdam, über *Aufgaben und Ziele der Bodenemanationsforschung.* Die Radioaktivität des Bodens war jahrzehntelang Sache der Physiker und Geologen. Jetzt ist auch das geophysikalische und bioklimatische Interesse dafür erwacht, so daß sie z. B. in Nauheim und Kreuznach schon zu therapeutischen Zwecken benutzt wird. Wichtiger als das direkte Vorkommen des Radiums (und Thoriums) im Boden ist das sekundäre Vorkommen der gasförmigen Emanation in den Quellen und in der Bodenluft. Es scheinen auch noch Zusammenhänge zu bestehen zwischen Radiumgehalt und Petroleumvorkommen, worüber aber noch zu wenig bekannt ist. Der Emanationsgehalt wird durch Absaugen der Bodenluft bestimmt. Messungen von Profilen in Nauheim, Thüringen, im Harz und Erzgebirge gaben auf kurze Entfernungen oft recht große Schwankungen. Es besteht ein Zusammenhang mit dem Kohlensäuregehalt. Dagegen ist ein Zusammenhang mit dem Emanationsgehalt der Quellen meistens nicht vorhanden. Es handelt sich offenbar bei beiden um ganz verschiedene Vorgänge, die nicht parallel gehen. Zum Beispiel hat Nauheim niedrigen Emanationsgehalt der Quellen, hohen der Bodenluft, in Gastein ist es umgekehrt, Oberschlema hat sehr hohe Quellenaktivität, Brambach sehr hohe Bodenluftaktivität.

Am 8. Februar Vortrag von Dr. J. KÜTTNER, Hamburg, über *Beobachtungen eines Segelfliegers über dem Leewirbel des Riesengebirges.* Das Segelflugzeug ist ein wichtiges, wissenschaftliches Forschungsmittel. SW-Wind im Riesengebirge gibt auf deutscher Seite vielfach Föhnerscheinungen. Bei zyklonalem Föhn tritt dabei die Mozagottl-Wolke auf. Der Name ist nicht mexikanisch, sondern aus dem schlesischen Dialekt (aus Matz, Gottlieb) entstanden. Die Wolke tritt stets auf der Leeseite parallel dem Kamm auf. Segelflüge von ZILLER von der Schule Gronau bei Hirschberg zeigten, daß die Wolke überraschend hoch ist, stets höher als 3, vielfach 4—7 km. Der Auftrieb in ihr ist ganz außergewöhnlich. Der Impuls zu ihrer Bildung kommt von oben in Lee, nicht, wie man früher annahm, von unten in Luv. Der antizyklonale Föhn ist sehr viel einfacher; er hat keine Wolkenbildung, aber starken Dunst, der, wie einige schöne Photographien zeigten, dann in die Gebirgspässe fließt.

Am 8. März sprach Dr. MÖLLER, Reichsamt für Wetterdienst, über *Meteorologie und Stratosphäre.* Das Bild, das man sich früher von der Stratosphäre, den Schichten über 10 km Höhe, gemacht hat, ist durch neuere Messungen sehr geändert worden. Die Stratosphäre ist keineswegs die ruhige, gleichmäßige Schichtung, für die man sie hält, sondern ausgesprochen unruhig. Sowohl Windrichtung als -stärke schwanken, mitunter treten deutliche Vertikalbewegungen auf. Das wird durch Registrierungen in Pilotballonen bewiesen. JUNGE zeigte z. B., daß dabei in einem Erschütterungsmesser in der Stratosphäre eine Zunahme der Unruhe auftritt. Man wird also bei Flügen in der Stratosphäre, die ja einmal kommen werden, mit einer ziemlichen Böigkeit rechnen müssen. Erst oberhalb 18 km wird die Schicht gleichmäßiger, und die Schwankungen hören auf, weil dann die Durchmischung der Gase aufhört und Diffusionsgleichgewicht eintritt. In den Tropen tritt die Stratosphäre in 17 km ein bei $-80°$, an den Polen in 8—9 km mit $-50°$. Wie überall im wetterhaften Geschehen, nimmt die gemäßigte Zone im Kampf zwischen tropischen und polaren Einflüssen eine Zwischenstellung ein. Wir stehen jetzt in Deutschland an einem Wendepunkt der Forschung, weil jetzt regelmäßig Radiosonden-Aufstiege beginnen sollen, die uns einen genaueren Einblick in die Vorgänge der Stratosphäre vermitteln sollen. Jedenfalls steht

heute schon fest, daß die Stratosphäre ein Eigenleben führt, das unabhängig ist von den Vorgängen in den untersten Atmosphärenschichten.

Am 12. April zeigte Regierungsrat Dr. GRUNOW, Reichsamt für Wetterdienst, *Wetterkundliche Lehr- und Werbefilme*. Der Film, der die natürlichen Vorgänge im Bild festhält, ist ein wichtiges Lehrmittel. Zum Teil stellen diese Lehrfilme die Vorgänge schematisch dar, so z. B. die Wetterkartenfilme, die Filme, welche die meteorologischen Elemente beim Durchgang einer atmosphärischen Störung oder die Entwicklung einer Zyklone zeigen. Von Bedeutung sind auch Strömungsfilme, die z. B. das Umströmen von Hindernissen, die Luftbahnen mit den Luv- und Leewirbeln und Turbulenzbilder bringen. Am lehrreichsten sind die Wolkenfilme, wie sie vor allem von MÜGGE, Frankfurt a. M., für Unterrichtszwecke hergestellt worden sind. Sie behandeln das Entstehen und Vergehen des Nebels, der Cumulus-Wolken und vor allem die Böen- und Gewitterbildung. Außer diesen Filmen zeigte der Vortr. eine Reihe von Aufklärungs- und Werbefilmen, die von den deutschen Filmgesellschaften hergestellt wurden und die Wettervorgänge und den Wetterdienst behandeln.

Am 10. Mai berichtete Dr. JELINEK, Reichsamt für Wetterdienst, über *Private Wetterphrophezeiungen, Methoden und Ergebnisse*. Wohl kein Beruf steht stärker unter der Kritik der Öffentlichkeit als der des Wetterprognostikers; und mit keiner Disziplin befassen sich Menschen aller Berufe mehr als mit der Wettervorhersage. Obwohl man nicht immer die „Geschäftsgeheimnisse" der Wettermacher durchschaut, kann man 6 Haupttypen in den privaten Wettervorhersagen unterscheiden. 1. Mondeinflüsse. Es gibt über 700 Schriften, die sich damit befassen. 2. Sonneneinflüsse, in erster Linie der Sonnenflecken. 3. Einfluß der Gestirne, vor allem der Planeten. 4. Strahleneinfluß aus dem Weltraum. 5. Periodenforschung. 6. Einfluß der organischen Welt, also Einfluß der Tiere und Pflanzen. Im Reichsamt für Wetterdienst, wo jede Anregung dankbar aufgenommen wird, werden alle diese Methoden nachgeprüft und etwa 3 Monate lang mit der Wirklichkeit verglichen. Das Maß für die Güte einer Vorhersage sind die Trefferprozente, die von der oberen (nie erreichten) Grenze 100% schwanken können bis 50% (Ratenvorhersage). Wenn man stets für den nächsten Tag das gerade herrschende Wetter prophezeit, hat man schon 65% Trefferprozente. Im allgemeinen sind die privaten Wettermacher auf die prüfende Amtsstelle recht schlecht zu sprechen. Man muß anerkennen, daß, obwohl die Gewinnsucht die Hauptrolle spielt, auch viel Idealismus mit den privaten Prophezeiungen verbunden ist.

K. KÄHLER, Potsdam.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über die Nachlieferungselektronen durch Photoeffekt in einer unselbständigen Wasserstoffentladung.

In einer unselbständigen Gasentladung nimmt bekanntlich im Falle eines homogenen Feldes der Strom nach dem Gesetz $i = i_0 e^{\alpha d}$ zu (i_0 Zahl der Elektronen, die pro Sekunde durch von außen eingestrahltes UV.-Licht an der Kathode ausgelöst werden, α Zahl der Ionenpaare, die durch Stoßionisierung eines Elektrons auf 1 cm Weg gebildet werden, d Elektrodenabstand in Zentimeter). Dieses Gesetz gilt, solange wir nur die Stoßionisation der Elektronen betrachten. Bei größerer Verstärkung des Primärstromes i_0 findet man, daß der Strom schneller als exponentiell ansteigt, und zwar nach dem Gesetz $i = i_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma e^{\alpha d}}$. Diese Abweichung von dem exponentiellen Anstieg führt man auf die Erzeugung zusätzlicher Elektronen, sog. Nachlieferungselektronen, durch neue Ionisierungsprozesse zurück. In der eben angegebenen Formel gibt die Konstante γ die Ausbeute dieser Prozesse an Nachlieferungselektronen wieder. Aus der Charakteristik Strom über Elektrodenabstand, aus der die Konstanten α und γ bestimmt werden, läßt sich jedoch die Natur dieser Ionisierungsprozesse nicht erkennen (Auslösung der Nachlieferungselektronen durch Stoßionisierung der positiven Ionen, durch Aufprall von positiven Ionen auf die Kathode oder durch Photoeffekt).

Den Anteil des Photoeffektes an der Nachlieferung der Elektronen in einer Wasserstoffentladung zu bestimmen, ist das Ziel unserer Versuche. Zum Nachweis der Strahlung wurden zwei ebene Entladungsstrecken so parallel übereinander angeordnet, daß die als Netze ausgebildeten Anoden einander zugewandt waren. Zwischen die Anoden wurden mit Hilfsnetzen Sperrfelder gelegt, die verhinderten, daß Ladungsträger von der einen Entladungsstrecke in die benachbarte gelangen konnten. In einer von diesen Entladungsstrecken (Primärentladung) wurde durch von außen eingestrahltes UV.-Licht eine unselbständige Entladung aufrechterhalten. An der Kathode der anderen „Nachweis"-entladungsstrecke wurden durch die aus der primären Entladung kommende Strahlung Elektronen ausgelöst, die zur Messung nochmals durch Stoßionisierung auf etwa das 4fache verstärkt wurden. Auf diese Weise kann einwandfrei nachgewiesen werden, ob und wieweit eine Strahlung in der Primärentladung Nachlieferungselektronen erzeugt. Es wurden bisher Messungen bei 0,86 Torr H_2 in dem Feldstärkebereich von 150—250 Volt/cm (kurz vor dem Durchschlag) ausgeführt. Berechnet man aus dem in der Nachweisentladungsstrecke gemessenen Photostrom unter Berücksichtigung der Strahlungsschwächung durch die Anoden- und Sperrnetze und der geometrischen Anordnung die Zahl der in der Primärentladung durch Photoeffekt gebildeten Nachlieferungselektronen, so ergibt sich, daß diese den durch die Konstante γ bestimmten Überschuß des Stromanstieges über die rein exponentielle Verstärkung innerhalb der Fehlergrenzen decken. Hieraus folgt, daß der Anteil des Photoeffektes den der anderen Prozesse weitaus übertrifft und mithin die Nachlieferungselektronen in H_2 durch Strahlung erzeugt werden, die durch Elektronenstoß angeregt wird.

Da die Nachlieferungselektronen in H_2 sogar bis nahe an die Durchschlagsfeldstärke durch Photoeffekt entstehen, ist zu schließen, daß die Entladung durch diesen Photoeffekt selbständig wird, d. h. jede Elektronenlawine erzeugt durch Strahlung ihre Nachfolgelawine. Demnach ergibt sich, daß für den Aufbau einer selbständigen Wasserstoffentladung unter den obigen Versuchsbedingungen das Raumladungsfeld der positiven Ionen keine Bedeutung hat.

Jena, Physikalisches Institut, den 26. August 1938.

H. COSTA. H. RAETHER.

Zur atomistischen Erklärung der Supraleitung.

Der von KEESOM und KOK gefundene[1] Sprung der spezifischen Wärme beim Eintritt der Supraleitfähigkeit läßt wohl kaum eine andere Deutung zu, als daß sich unterhalb der Sprungtemperatur T_s eine mit abnehmender Temperatur zunehmende regelmäßige Verteilung ausbildet[2], wie sie in letzter Zeit vielfach durchgerechnet wurde[3]. Als Elemente der Verteilung kommen aber nicht verschiedenartige Atome, sondern nur die Spine der Valenzelektronen in Frage; in der Tat wirken in den nichtferromagnetischen Metallen — und nur solche werden supraleitend — die Austauschkräfte

[1] Siehe K. STEINER u. P. GRASSMANN, Supraleitung. Sammlung Vieweg. Braunschweig 1937.

[2] Vgl. U. DEHLINGER, Naturwiss. **21**, 607 (1933).

[3] Zusammenfassung bei F. C. NIX u. W. SHOCKLEY, Rev. mod. Phys. **10**, 1 (1938).

bei genügend tiefen Temperaturen dahin, daß sich um ein Elektron möglichst viele Nachbarelektronen mit entgegengesetztem Spin ansammeln.

Man sieht dann leicht, daß eine solche regelmäßige Spinverteilung, die ja ein spontanes Umklappen von Spinen bei Temperaturänderung zur Folge hat, die beobachteten magnetischen Effekte, insbesondere den Einfluß eines Feldes auf den Sprungpunkt, den Meissner-Ochsenfeld-Effekt und den von STARK und STEINER gefundenen[1] (und ähnlich gedeuteten) anfänglichen paramagnetischen Effekt beim Einschalten eines Feldes zwanglos erklärt.

Um das Verschwinden des elektrischen Widerstandes infolge dieser Verteilung zu erklären, ist folgende naheliegende Hypothese einzuführen: Eine elastische Gitterwelle mit bestimmter Energie und bestimmtem Impuls kann durch quantenmechanische Resonanz in eine Elektronenwelle von gleichem Impuls übergehen, wenn der Energieunterschied zwischen beiden Wellen durch eine geeignete Vergrößerung oder Verminderung der Fehlordnung kompensiert wird. Wenn man noch annimmt, daß auch zwei elastische Wellen, deren Impulssumme Null ist, in eine Fehlordnung gleicher Energie übergehen können und umgekehrt, so wird das thermodynamische Gleichgewicht von Wellen und Fehlordnung durch diese Übergänge nicht wesentlich beeinflußt (abgesehen davon, daß eine Nullpunktsfehlordnung vorhanden sein muß). Ist aber eine einzelne, von einem äußeren Feld hervorgerufene Elektronenwelle vorhanden und geht diese zunächst durch Zusammenstoß in elastische Wellen über, so wird deren einseitig gerichteter Impuls immer wieder in Elektronenimpuls übergehen können, wenn nur die erforderliche Fehlordnungsenergie zur Verfügung steht. (Die einzelne Fehlordnungsenergie ist von der Größenordnung kT_s, also auch von der eines elastischen Schwingungsquants.) Der Impuls dieser Elektronenwelle bleibt ihr also erhalten, sie ist supraleitend.

Die Fehlordnungsenergie je Elektron wird bei T_s zu Null und nimmt mit wachsendem Abstand von T_s zu[3]. Daher werden bei Temperaturerniedrigung vom Sprungpunkt T_s ab immer mehr Elektronenwellen in der beschriebenen Weise Energie und Impuls beibehalten, also von den thermischen Gitterschwingungen entkoppelt sein. Daher muß die Wärmeleitfähigkeit im supraleitenden Zustand kleiner sein als im normalen, und zwar um so mehr, je tiefer die Temperatur unter T_s liegt. Dies entspricht den Beobachtungen an Sn[1].

Stuttgart, Zweites physikalisches Institut der Technischen Hochschule, den 29. August 1938.

U. DEHLINGER.

Zur Kälteresistenz tierischer Zellen.

Zur Untersuchung der Kälteresistenz tierischer Zellen wurden wir veranlaßt durch Ergebnisse, die wir an Säugertransplantatgeschwülsten erhoben hatten. Die übliche Form der Weiterzüchtung von Tiergeschwülsten ist die Übertragung lebensfrischen Gewebes von einem Tier auf das andere. Es gelingt jedoch auch mit Hilfe von direkt in flüssigem Stickstoff bei —196° eingefrorenen und wieder aufgetauten Geschwulstfragmenten, erfolgreiche Transplantationen durchzuführen[2]. Wir untersuchten neben dem Rous-Sarkom verschiedene Mäusegeschwulststämme (Ehrlich-Carcinom, Ehrlich-Sarkom, COLLIERscher Ascitestumor, Chondrosarkom, PASSEYsches Melanom, Ehrlich-Putnoky-Tumor, spontane Mammacarcinome), 2 Rattengeschwulststämme (Jensen-Sarkom, Flexner-Carcinom), und weiterhin das BROWN-PEARCEsche Kaninchencarcinom. Durch die Kältevorbehandlung, die auf der direkten Einbringung der Gewebe in den flüssigen Stickstoff mit nachträglicher Auftauung beruht, wird die erfolgreiche Verimpfbarkeit der verschiedenen Geschwulststämme in charakteristischer Weise beeinflußt, nicht aber grundsätzlich aufgehoben, bei einigen Geschwulstformen kaum verringert. Zu den letzteren gehören insbesondere die unter dem Typ des vorherrschend rundzelligen Mäusesarkoms wachsenden Mäusetransplantatgeschwülste. Bei Vergleich des Wachstums der sich nach der Verimpfung vorher eingefrorener Geschwulstgewebe entwickelnden Tumoren mit solchen, die nach der Transplantation lebensfrischer Geschwulstzellen entstehen, zeigt sich im allgemeinen eine Verzögerung des klinischen Geschwulstanganges. Der histologischen Untersuchung über den Mechanismus der Geschwulstentstehung bei Verwendung von Frischgewebe ist eine erhebliche Zahl von Arbeiten gewidmet[1]. Aus diesen Untersuchungen geht unseres Erachtens eindeutig hervor, daß sich die neue Geschwulst durch Vermehrung der überpflanzten Tumorzellen entwickelt. Demgegenüber ist der Vorgang der Geschwulstentstehung nach Verpflanzung kältevorbehandelter Geschwulstgewebe zur Zeit noch wenig untersucht. Durch die Arbeiten RÖSSLES[2] am Mäusecarcinom, Jensen-Sarkom und Mäusesarkom, der unsere Methode der Einfrierung in flüssigem Stickstoff als Vorbehandlung des Geschwulstgewebes benutzte, scheint erwiesen, daß eine Erholung der direkt in flüssigem Stickstoff eingefrorenen Geschwulstzellen möglich ist, während HÖRNER[3] am Mäusecarcinom mit der gleichen Gefriermethodik feststellte, daß erst nach einer rückläufigen Entwicklung, die die vorher eingefrorenen Carcinomzellen nach der Transplantation im neuen Wirtstier erfahren, wieder lebensfähige Krebszellen auftreten. Unsere früheren noch nicht veröffentlichten Untersuchungen bei der *heterologen* Verimpfung eines vorher mit flüssigem Stickstoff behandelten Mäusesarkoms auf Ratten ergaben, daß die Entstehung des Tumors auf der Ratte nach den von RÖSSLE beschriebenen Vorgängen erfolgt. Trotz dieses Befundes und umfangreicher Versuche war es uns jedoch nicht möglich gewesen, an solchen vorher eingefrorenen Geschwulstgeweben durch das Zellkulturverfahren den *direkten* Nachweis für die Möglichkeit eines Überlebens von Geschwulstzellen nach der Einfrierung bei —196° zu erbringen. Auch andere Autoren (KOOSE-LEMMEL[4], CRAMER[5]) haben sich vergeblich bemüht, Wachstumsphänomene an nach Einfrierung aufgetauten Geschwulstelementen durch Züchtung in vitro festzustellen. In CRAMERS Versuchen hat das sehr virulente Mäusesarkom nach Abkühlung auf —20° bis —40° niemals mehr Wachstum in vitro gezeigt, und KOOSE und LEMMEL fanden an Gewebskulturen „keinerlei Anhalt, daß irgendwelche Zellen die 5 Minuten lange Gefrierung in flüssiger Luft überstehen". Wir haben diese Fragen inzwischen weiter bearbeitet und konnten den *direkten* Nachweis eines Überlebens von Tumorzellen nach der Einfrierung in flüssigem Stickstoff erbringen. Die Gewebe wurden unmittelbar nach der Einfrierung, die entsprechend dem benutzten Geschwulststamm bis zu Tagen ausgedehnt wurde, sogleich nach dem Auftauen als sehr kleine Explantate in Kultur gebracht, und meist in einem Nährmedium aus Hühnerplasma und -embryonalextrakt, dem Neutralrot als für unsere Zwecke geeignetster Vitalfarbstoff[6] in einer Konzentration von 1:18 bis 1:36000 zugesetzt war, bebrütet. Die 1. Ablesung erfolgt am besten nach 1—3stündigem Brutschrankaufenthalt (37,8°). Bei ausgedehnter Bebrütung verschwindet in der Regel der zu beobachtende Effekt, der in einer sehr deutlichen Farbstoffaufnahme in der Form meist feiner intensiv roter Granula, die häufig zahlreich im Grundplasma der einzelnen Zellen nachgewiesen werden können, besteht. Auch bei Zimmertemperatur geht der Effekt schnell zurück, vielfach insbesondere bei geringer Speicherung schon während der Betrachtung des Objektes bei künstlichem Licht ohne Wärmefilter. Bei Eisschranktemperatur dagegen bleibt der Speichereffekt meist einige Stunden, bei starker Farbstoffaufnahme teilweise sogar bis zu Tagen in unverminderter Stärke bestehen. Das in Parallele unter den gleichen Bedingungen kultivierte Frischmaterial zeigt in der Regel wesentlich stärkere Speicherung, insbesondere wird dabei das Auftreten größerer Neutralrotvakuolen beobachtet, die, was bei kältevorbehandelten Geweben sehr selten der Fall ist, geradezu das Grundplasma ausstopfen können. Kontrollfragmente, die statt der Einfrierung $^1/_2$ Stunde bei 60° gehalten wurden, ergaben unter den gleichen Kulturbedingungen keinen Speichereffekt. In Übereinstimmung mit den Impfergebnissen des Tierversuches (Mäusesarkom) stellte sich

[1] Siehe K. STEINER u. P. GRASSMANN, Supraleitung. Sammlung Vieweg. Braunschweig 1937.

[2] J. KLINKE, Z. Krebsforsch. 46, 436 (1937), dort weitere Literatur.

[1] Hierzu BISCEGLIE, Z. Krebsforsch. 40, 122 (1934), desgl. RÖSSLE, Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 1936 III.

[2] RÖSSLE, l. c.

[3] HÖRNER, Verh. dtsch. path. Ges. 1937.

[4] KOOSE-LEMMEL, Bruns' Beitr. 141, 489 (1927).

[5] W. CRAMER, The Imp. Cancer Res. Fund 9, 21 (1930).

[6] Hierzu E. RIES, Grundriß der Histophysiologie 1938.

heraus, daß mit der Zahl der Einfrierungen die Anzahl der noch speicherfähigen Zellen erheblich absinkt, während die langdauernde, bis zu 14 Tagen durchgeführte Einfrierung des gleichen Materials im flüssigen Stickstoff kaum eine Verminderung der Zahl der speicherfähigen Zellen ergab. Am Ehrlich- und Flexner-Carcinom und Brown-Pearce-Carcinom sind die Effekte wesentlich geringer. Auch dieses Ergebnis steht mit dem Resultat unserer Tierexperimente bei Verimpfung von kältevorbehandelten Tumorgeweben in Einklang. An ohne Farbstoff 24—48 Stunden lang kultivierten Fragmenten (Mäusesarkom, Mäusecarcinom, Jensen-Sarkom) konnte in seltenen Fällen Emigration und eindeutiges, bei Vergleich mit Kontrollkulturen spärliches Wachstum nachgewiesen werden. Wir schlossen auf Grund dieser Befunde und der positiven Resultate, die BUCCIANTE[1] bei Temperaturen bis zu höchstens —25° an den embryonalen Zellen von Haut und Hornhaut des Hühnchens erhalten hatte, daß auch das Normalgewebe nach Einfrierung in flüssigem Stickstoff überlebende Zellen zeigen könne, und fanden unsere Annahme bestätigt; es ergab sich, daß sowohl Bindegewebszellen wie Epithelzellen nach der Einfrierung in unterschiedlichem Umfang einen Speichereffekt mit Neutralrot ergeben können. Als Versuchsmaterial diente u. a. embryonales Hühnerherz, Hühnerleukocyten, Hodengewebe des Hahns und Kaninchenniere. An Explantaten des embryonalen Hühnerherzens (Fibroblasten) und an der jugendlichen Kaninchenniere (Membranbildung) wurde eindeutiges Wachstum nachgewiesen. Auch hier waren bei Vergleich mit den entsprechenden Frischgeweben die Wachstumseffekte völlig eindeutig, aber sehr spärlich. Mit diesen Versuchen, die fortgesetzt werden, ist der *direkte* Nachweis erbracht, daß tierische Zellen, und zwar sowohl Tumorzellen als auch Zellen von Normalgeweben bis zu einer Temperatur von —196° abgekühlt und durchgefroren werden können, ohne grundsätzlich ihre Lebensfähigkeit einbüßen zu müssen. Die Temperatur des flüssigen Stickstoffs stellt sicherlich keine untere Grenztemperatur dar. Eine ausführliche Arbeit über diese Befunde wird an anderer Stelle erscheinen.

[1] L. BUCCIANTE, Arch. f. exper. Zellforsch. 11, 397 (1931).

Ludwigshafen a. Rh., Biologisches Laboratorium der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Werk Oppau, den 18. Juli 1938. J. KLINKE.

Besprechungen.

COURANT, R., und D. HILBERT, **Methoden der mathematischen Physik. Bd. II.** (Die Grundl. der mathem. Wissensch. in Einzeldarstellungen, Band XLVIII.) Berlin: Julius Springer 1937. XVI, 549 S. und 57 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis RM 38.—, geb. RM 39.80.

Der nunmehr erschienene, vom ersten Band fast unabhängige zweite Band des COURANT-HILBERT ist den partiellen Differentialgleichungen, hauptsächlich ihren Anfangs-, Rand- und Eigenwertproblemen, wie sie aus Geometrie, Physik und Technik hervorgegangen sind, gewidmet. Auf diesem schwierigen, mitten in der Entwicklung begriffenen und für die Anwendungen höchst bedeutungsvollen Gebiete der Mathematik machte sich in den letzten Jahrzehnten das Bedürfnis nach einer zusammenfassenden Darstellung geltend. Diesem Bedürfnis kommen frühere Werke, wie z. B. die enzyklopädisch angelegte Neuauflage des RIEMANN-WEBER, durch Zusammenstellung der vielen Einzelgebiete und -methoden entgegen. Von diesem und anderen Werken unterscheidet sich der COURANT-HILBERT nicht nur dadurch, daß inzwischen geschaffenes Neues (z. B. die Lösung des PLATEAUschen Problems) zu Worte kommt und Altes in neuer Beleuchtung oder vereinfacht zur Darstellung gelangt, sondern auch dadurch, daß der Stoff mehr auf beherrschende Grundideen hin ausgerichtet wird. Daß der Verf. eine gewisse Auswahl aus der Materie getroffen hat, ist angesichts der Ausdehnung des Gebietes verständlich. Ebenso, daß manche Dinge nicht soweit durchgeführt worden sind, wie es an und für sich möglich und wünschenswert wäre. Das könnte wohl nur in Einzeldarstellungen geleistet werden. Ref. ist sich bewußt, daß er der Eigenart des Werkes nur in bescheidenem Maße gerecht wird, wenn er in dieser kurzen Besprechung den Inhalt skizziert und einige wenige Punkte hervorhebt.

Das erste Kapitel enthält Einleitendes über die Mannigfaltigkeit der Lösungen einer partiellen Differentialgleichung, die Frage der Reduktion auf ein System von Gleichungen erster Ordnung, die Theorie der Gleichung erster Ordnung und das Anfangswertproblem bei analytischen Daten. Auch die LEGENDREsche Transformation kommt hier zu Wort.

Im zweiten Kapitel folgt die Theorie der partiellen Differentialgleichung erster Ordnung. Das Anfangswertproblem wird auf die klassische Weise gelöst, auch der Ausnahmefall, wo die Anfangsmannigfaltigkeit charakteristisch ist oder auf einen Punkt zusammenschrumpft, wird behandelt. Es folgt die HAMILTON-JACOBIsche Theorie und der Zusammenhang des vollständigen Integrals mit den Charakteristiken. Auch der Zusammenhang mit der Variationsrechnung und die Rolle des Eikonals werden kurz dargestellt. Alle diese Dinge werden später (6. Kapitel) bei den hyperbolischen Gleichungen zweiter Ordnung gebraucht.

Dem Hauptgegenstand, den Gleichungen höherer Ordnung, sind die restlichen fünf Kapitel gewidmet. Im dritten, einleitenden Kapitel wird die Einteilung der Gleichungen in die wesentlich verschiedenen elliptischen, parabolischen und total hyperbolischen Typen gegeben. Auch Gleichungssysteme werden betrachtet. Die Rolle der fortschreitenden Wellen als Lösungen linearer Differentialgleichungen wird systematisch herausgeschält. Anwendung: Verzerrungsfreie Kabelsignale in der Telegraphie. Es folgt ein Abschnitt über Anfangswert- und Ausstrahlungsprobleme, in welchem u. a. an Hand spezieller klassischer Fälle auf wichtige allgemeine Prinzipien, z. B. das HUYGHENSsche Prinzip und die Dimensionszahl, hingewiesen wird. Die allgemeinen Ausführungen über Differentialgleichungsprobleme der Physik machen es verständlich, weshalb bei den verschiedenen Typen verschiedene Arten von Nebenbedingungen gestellt werden müssen (z. B. Anfangs- und Randwertaufgaben), damit die Aufgabe eindeutig lösbar wird. In einem Anhange kommt auch der HEAVISIDE-Kalkül und die LAPLACE-Transformation zu Worte.

Das vierte Kapitel behandelt elliptische Gleichungen zweiter Ordnung. Ein großer Teil ist dem typischen Fall $\Delta u = 0$ und klassischen potentialtheoretischen Methoden gewidmet. In zwei Abschnitten wird auf allgemeinere Gleichungen und die erste Randwertaufgabe eingegangen. Sie enthalten klassische Eindeutigkeitssätze und, im Falle zweier Variabler, die Lösung der Aufgabe durch Zurückführung auf eine Integralgleichung mit Hilfe einer Grundlösung (E. E. LEVI, HILBERT). Auf elliptische Gleichungen kommt man von Gleichgewichtsproblemen her, während Schwingungs- und Ausbreitungsprozesse auf den hyperbolischen Typus führen.

Das problemreiche Gebiet der hyperbolischen Gleichungen zweiter Ordnung kommt im fünften und sechsten Kapitel zur Darstellung. Hier finden mancherlei Ergebnisse Platz, die seit den Pionierarbeiten von RIEMANN und HADAMARD gewonnen wurden. Das

vierte Kapitel ist dem Falle zweier unabhängiger Variabler gewidmet. Es beginnt mit der Entwicklung der Charakteristikentheorie, auch im Falle höherer Ordnung und bei Gleichungssystemen. Dabei kommt auch ihre Bedeutung für die Unstetigkeitsfortpflanzung bei Ausbreitungsvorgängen zur Sprache. Es folgt die klassische RIEMANNsche Lösung des Anfangswertproblems. Ein großer Teil des Kapitels ist den weiterreichenden Ergebnissen des Verf. und seiner Schüler gewidmet. Das Anfangswertproblem für die allgemeine hyperbolische Gleichung

$$F(x, y, u, p, q, r, s, t) = 0, \qquad (1)$$

wird dadurch gelöst, daß die Gleichung zusammen mit den Streifenbedingungen durch Einführung der charakteristischen Parameter auf ein System von Gleichungen erster Ordnung zurückgeführt wird. Für dieses ist die Aufgabe vollständig lösbar. Neu ist im Text die Lösung des Systems mit der PICARDschen Methode der sukzessiven Annäherungen.

Eindeutigkeit wird bewiesen und der Satz über das Abhängigkeitsgebiet. Die Lösung $u(x, y)$ hängt nur von den Daten auf demjenigen Teil der Anfangskurve ab, der von den beiden Charakteristiken durch (x, y) ausgeschnitten wird. Ein Anhang geht auf den Satz vom analytischen Charakter der Lösungen analytischer elliptischer Differentialgleichungen (1) ein, ein Satz, der bekanntlich im nichtelliptischen Falle nicht gilt. Der Beweis beruht auf dem Übergang ins Komplexe und der Zurückführung auf ein hyperbolisches Anfangswertproblem.

Bei den hyperbolischen Gleichungen in $n > 2$ Variablen — ihnen ist das sechste Kapitel gewidmet — spielt die Charakteristikentheorie ebenfalls eine wichtige Rolle, wenn sie dort auch nicht mehr zu einer direkten Integration führt. Der Charakteristikenbegriff wird sehr ausführlich, auch bei Gleichungssystemen, entwickelt und seine Bedeutung für Ausbreitungsvorgänge ausgeführt. Der Leser findet Anwendungen auf Unstetigkeitsfortpflanzung in kompressiblen Flüssigkeiten und auf die Gleichungen der Kristalloptik. In einer Reihe wichtiger Beispiele, der Wellengleichung, der DARBOUXschen Gleichung, den MAXWELLschen Gleichungen im Äther und im Kristall, wird für das Anfangswertproblem die Eindeutigkeit bewiesen und das Abhängigkeitsgebiet konstruiert. Als typisch ergibt sich in Analogie zum Falle $n = 2$: Der Wert der Lösung $u(X)$ hängt nur von den Daten auf dem Teil der Anfangsfläche ab, der vom charakteristischen Kegel mit X als Spitze ausgeschnitten wird. Ein weiterer Teil des Kapitels ist den allgemeinen Gleichungen mit konstanten Koeffizienten gewidmet. Das Anfangswert- und Ausstrahlungsproblem (Lösung mit vorgeschriebener Singularität) wird bei der Wellengleichung in n Dimensionen explizit gelöst. Für ungerade n ergibt sich das HUYGHENSsche Prinzip. Das Abhängigkeitsgebiet ist nicht der ganze von der Charakteristik ausgeschnittene Teil, sondern nur sein Rand. Es folgt ein durch seine Einfachheit und Anwendungsfähigkeit bemerkenswerter Satz von ASGEIRSSON über die Lösungen der ultrahyperbolischen Gleichung

$$\sum_1^m \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} = \sum_1^m \frac{\partial^2 u}{\partial y_k^2}.$$

Mittelt man eine Lösung $u(x, y)$ über eine Kugelfläche des x-Raumes und dann dieses Mittel über eine Kugelfläche des y-Raumes, so ist das Resultat von der Reihenfolge der Mittelbildungen unabhängig. In einem weiteren Abschnitt wird die HADAMARDsche Methode zur Lösung des Anfangswertproblems skizziert.

Das siebente Kapitel wendet die Variationsrechnung auf die Randwertaufgaben bei elliptischen Gleichungen an. Der Gedanke, das der Randwertaufgabe zugeordnete Variationsprobleme direkt zu lösen, hat seit RIEMANNS bahnbrechenden Anwendungen auf die Funktionentheorie einen großen Reiz auf die Mathematiker ausgeübt. Ein Weg zur Schließung einer von RIEMANN gelassenen Lücke wurde erst um die Jahrhundertwende durch HILBERT aufgezeigt. Er ist der Ausgangspunkt der direkten Methoden der Variationsrechnung, an deren Weiterentwicklung der Verf. im hohen Maße beteiligt ist. Die Darstellung im Text enthält folgenden methodisch neuen Punkt. Er besteht in der Anwendung der Funktionalanalysis und einer durch sie nahegelegten weiteren (nicht mehr lokalen) Fassung des Begriffs „Randbedingung". Erst bei dieser Auffassung des Begriffs kann man mit den GREENschen Integralformeln so ungehindert, d. h. ohne Rücksicht auf diffizile Differenzierbarkeitsfragen am Rande, operieren, wie es die Physiker immer tun. Die Frage, ob die Randbedingung im üblichen Sinne befriedigt wird, kann vollständig getrennt behandelt werden (und sie wird es auch im Text). Die Methode wird bis zum Existenzbeweis für die Lösung des Variationsproblems durchgeführt. Die Frage, ob die Lösung so oft differenzierbar ist, wie es die partielle Differentialgleichung verlangt, wird im Text nur in speziellen Fällen mit speziellen Methoden beantwortet.

Der letzte Abschnitt ist der Lösung des PLATEAUschen Problems gewidmet, Bestimmung einer Fläche kleinster Oberfläche mit vorgegebener Randkurve. Die vor 6 Jahren erschienenen, die Lösung enthaltenden Originalarbeiten von DOUGLAS und RADÓ gehören zu den schönsten Errungenschaften der heutigen Analysis. Verf. entwickelt im Text einen sehr vereinfachten Beweis für die Existenz der Minimalfläche. Bildet man die Konkurrenzflächen konform auf die Kreisscheibe $u^2 + v^2 < 1$ ab, so lautet der Ausdruck für die Oberfläche der Fläche $\mathfrak{x} = \mathfrak{x}(u, v)$

$$O = \int\int (\mathfrak{x}_u^2 + \mathfrak{x}_v^2)\, du\, dv,$$

andererseits ist dieses Integral allgemein niemals kleiner als die Oberfläche. Verf. gewinnt die Minimalfläche (auf isotherme Parameter bezogen), indem er das neue Integral zum Minimum macht. Das Integral wird als Summe der DIRICHLETschen Integrale der Koordinatenfunktionen $x(u, v)$, $y(u, v)$, $z(u, v)$ niemals vergrößert, wenn man dieselben durch die Potentialfunktionen mit gleichen Randwerten ersetzt. Man braucht also nur „Potentialflächen" zur Konkurrenz zuzulassen (dieser Gedanke spielt schon bei DOUGLAS eine Rolle), was zur Vereinfachung des Beweises viel beiträgt. Die die Minimalfläche kennzeichnenden Relationen $E - G = F = 0$ ergeben sich als „natürliche" Randbedingungen. In der COURANTschen Form läßt sich das PLATEAUsche Problem auch lösen, wenn die Randkurve nicht gegeben ist, sondern auf gegebenen Flächen variiert.

E. HOPF, Leipzig.

SEELIGER, RUDOLF, **Angewandte Atomphysik.** Eine Einführung in die theoretischen Grundlagen. Berlin: Julius Springer 1938. IX, 461 S. und 175 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis RM 24.—, geb. RM 26.—

Die Aufgabe des vorliegenden Werkes umreißt der Verf. im Vorwort: „Es soll sich handeln um eine Überschau über die angewandte Atomphysik . . . genauer gesagt um eine zusammenfassende Darstellung der theoretischen Grundlagen für diese Anwendungen. . . . Es soll sich ferner handeln um eine Einführung, d. h. nicht um eine Belastung mit Einzeldaten und Zahlenmaterial nach Art der Darstellungen in den Handbüchern, sondern um eine Herausarbeitung des Wesentlichen nach Art eines Lehrbuches, mit dem Ziel, das

Studium des Sonderschrifttums vorzubereiten und zu erleichtern, und endlich soll das Buch bestimmt sein für den Ingenieur, und zwar insbesondere für den Elektrotechniker, d. h. sich beschränken auf die Gebiete der Atomphysik, die in der Elektrotechnik eine Rolle spielen."

Die Notwendigkeit einer solchen Arbeit wird jeder zugeben, der den großen Umfang kennt, in dem heute atomphysikalische Fragen über ihre ursprüngliche Bedeutung reiner Erkenntnis hinausgreifen in zahlreiche Gebiete der modernen Technik. So sind, um nur zwei Beispiele zu nennen, von den heute so vordringlichen Werkstoffsfragen etwa die magnetischen und die dielektrischen Eigenschaften ohne Eingehen auf atomare Vorstellungen nicht verständlich; das gleiche gilt von den Entladungsvorgängen, die in der Beleuchtungstechnik, in den Gleichrichtern, in den Schaltern und in der Fernmeldetechnik eine so große Bedeutung erlangt haben. Sicher brauchen die Ingenieure, die in diesen Gebieten arbeiten, nicht ausgebildete Atomphysiker zu sein; aber ebenso sicher ist der Nutzen, den eine Kenntnis der immerhin doch anschaulichen Grundlagen dieser Vorgänge für die technische Entwicklung bedeutet:

Diese Grundlagen vermittelt das Werk nun in der Tat in ausgezeichneter Weise. Der reichhaltige Inhalt ist gegliedert in: 1. Kinetische Theorie der Gase (58 Seiten). 2. Bau der Atome (48 Seiten). 3. Elektronen im Hochvakuum (47 Seiten). 4. Elektrizitätsleitung in Gasen (92 Seiten). 5. Elektrizitätsleitung in festen Körpern (78 Seiten). 6. Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten (60 Seiten). 7. Dielektrika und Magnetika (71 Seiten).

Diese Abschnitte, die zum großen Teil ohne Kenntnis der vorangehenden gelesen werden können, bringen in sehr klarer Form durchweg auf anschaulichem Wege eine leicht faßbare und doch einwandfreie Darstellung der Grundlagen; die Ergebnisse und auch der Gang, auf dem sie erhalten werden, sind sehr übersichtlich herausgearbeitet. Die mathematische Formulierung tritt gegenüber der Anschauung zurück und ist zweckmäßig auf das Wesentliche beschränkt; sie erfordert eigentlich nur die Fähigkeit, aus einer Gleichung die funktionellen Beziehungen der eingehenden Größen ablesen zu können

Diese Art der Darstellung wurde möglich, weil ein großer Teil klassischer Physik übernommen werden konnte und andererseits die Wellenmechanik und die Kernphysik, deren Ergebnisse erst in sehr kleinem Umfang zu technischen Anwendungen geführt haben, unbehandelt bleiben konnten. Das bei dieser Einschränkung verbleibende Stoffgebiet ist aber noch so groß, daß es wohl selbst nur wenig Fachphysiker gibt, denen die hier gebrachten Zusammenhänge sämtlich geläufig sind. Die im Vorwort genannte Einschränkung, das Buch sei für Ingenieure der Elektrotechnik bestimmt, ist daher sicher zu bescheiden. Auch die Naturwissenschaftler aus den Nachbargebieten, Chemiker und Biologen etwa, werden das Werk mit großem Nutzen und sicher mit großem Genuß lesen.

M. Steenbeck, Berlin.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Aufl. Hrsg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Berlin: Verlag Chemie 1937. 1) System Nr. 22: Kalium. Lief. 2. 268 S. u. 12 Abbild. Preis kart. RM 42.—, Lief. 3. 293 S. u. 17 Abbild. Preis kart. RM 47.—, Lief. 4. 128 S. u. 5 Abbild. Preis kart. RM 20.—, Lief. 5. 142 S. u. 11 Abbild. Preis kart. RM 26.—. 2) System Nr. 24: Rubidium. XVIII, 250 S. u. 7 Abbild. Preis kart RM 42.—. 3) System Nr. 25: Caesium. Lief. 1. 104 S. u. 3 Abbild. Preis kart. RM 16.—. 4) System Nr. 27: Magnesium. Tl. A, Lief. 1. 156 S. u. 1 Abbild. Preis kart. RM 24.—, Lief. 2. 216 S. u. 13 Abbild. Preis kart. RM 34.—. 5) System Nr. 27: Magnesium. Tl. B, Lief. 1. 200 S. u. 15 Abbild. Preis kart. RM 31.—, Lief. 2. 130 S. u. 4 Abbild. Preis kart. RM 21.—. 6) System Nr. 59: Eisen. Tl. C, Lief. 1. VII, 162 S. u. 105 Abbild. Preis kart. RM 25.—. 7) System Nr. 59: Eisen. Tl. D, Erg.-Bd. 1. XV, 148 S. u. 166 Abbild. Preis kart. RM 24.—. 8) System Nr. 63: Ruthenium. XX, VI, 124 S. u. 1 Abbild. Preis kart. RM 22.—. 9) Magnesium-Legierungen. Patentsammlung, Anhang zu Magnesium Teil A, VIII, 192 S. Preis kart. RM 20.—. 10) Legierungen der Platinmetalle. Patentsammlung, Anhang zu den Platinmetallen System Nr. 63—68, VIII, 536 S. Preis brosch. RM 54.—, geb. RM 58.—. 17 cm × 25 cm.

Seit der letzten Besprechung des Gmelinschen Handbuches ist noch kein Jahr vergangen, und schon liegen wieder eine große Anzahl wichtiger Bände dieses monumentalen Handbuches vor, über dessen Bedeutung an dieser Stelle noch einmal Näheres auszuführen, sich erübrigt. Wohl aber wird man dem Redakteur, Herrn Pietsch, besonderen Dank dafür zu sagen haben, daß er trotz der großen Personalschwierigkeiten, die sich in dem letzten Jahr auch für die Gmelin-Redaktion ergeben haben, das Werk so stark gefördert hat.

Von den vorliegenden Bänden bringen die ersten die *Alkalimetalle* und ihre Verbindungen. Vom Band *Kalium* liegen jetzt 5 Lieferungen vor, und es ist wohl anzunehmen, daß dieser Band mit der nächsten Lieferung abgeschlossen ist. Beim *Rubidium* war es möglich, mit einer Lieferung auszukommen. Beim *Caesium* liegt dagegen nur die 1. Lieferung vor; aber auch hier wird das Fehlende wohl nur noch eine 2. Lieferung ausmachen. Da die Bände Lithium, Natrium und Ammonium bereits abgeschlossen sind, liegt somit jetzt für die Alkalimetalle und ihre Verbindungen das Werk fast vollständig vor.

Nachdem die Bände „Aluminium" in den letzten Jahren stark gefördert worden sind, liegen nun auch die ersten Lieferungen über das *Magnesium* vor, die natürlich gerade jetzt ein ganz besonderes Interesse beanspruchen. Die beiden Lieferungen des Teiles A enthalten Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Metalls; Einzelheiten darüber, wie man praktisch bei der Darstellung arbeitet, erfährt man freilich auch hier nicht; man muß sich vielmehr mit der Angabe abfinden, daß „technisch wichtige Einzelheiten der Zellenkonstruktionen meist geheimgehalten werden". Teil B enthält die beiden ersten Lieferungen über die Verbindungen des Magnesiums. Nicht nur in Kreisen der Technik wird man es begrüßen, daß A. Grützner unter Mitarbeit von G. Apel und C. Götze eine Patentsammlung über Magnesiumlegierungen herausgegeben haben; gibt doch diese Zusammenstellung eine ausgezeichnete, freilich etwas mühsam zu studierende Übersicht über die technische Verwendungsmöglichkeiten dieses Metalls.

Beim *Eisen* schreitet die Bearbeitung planmäßig weiter. Als 1. Lieferung des Teils C: „*Prüfverfahren und mechanisch-technologische Eigenschaften der Kohlenstoffstähle sowie der legierten Stähle*" erschien der Abschnitt „Härteprüfverfahren". Dieser Teil wird — im Gegensatz zu den meisten anderen Bänden — nicht von einem Mitarbeiterkreis bearbeitet, sondern er ist einem Einzelbearbeiter (Erich Franke) übertragen. Er stellt eine vollständige Monographie über diesen verwickelten Gegenstand dar; sie ist sehr gut lesbar geschrieben und auch für solche Leser, die dem Gebiet fernerstehen, durchaus verständlich. Zu dem Teil D: „*Magnetische und elektrische Eigenschaften des Eisens und seiner Legierungen*" erscheint bereits der erste *Ergänzungsband*,

der wieder von Otto v. Auwers bearbeitet ist. Er umfaßt die Literatur von wenig mehr als einem Jahr (bis September 1937) und braucht dafür fast 150 Seiten. Dieser Band ist sicher sehr erfreulich, da gerade bei solchen technisch wichtigen Fragen das „up to date" besonders wichtig ist. Aber man fragt sich doch dabei, wie dies eigentlich weiter gehen soll? Wird es überhaupt auf die Dauer möglich sein, ein Nachschlagewerk wie den Gmelin mit der bisherigen Vollständigkeit fortzuführen, oder wird der Umfang dann nicht uferlos werden? Jedenfalls stehen die Herausgeber in dieser Beziehung noch vor schwer zu lösenden Problemen.

Als besonders erfreulich wird es von vielen Seiten begrüßt werden, daß nun auch die *Platinmetalle* erscheinen, und zwar als erster Band das *Ruthenium*. Es ist nicht zu viel behauptet, wenn die Redaktion bei dem Erscheinen dieses Bandes darauf hinweist, daß eine kritisch-monographische Behandlung dieses Gebietes seit Jahrzehnten fehlte. Dankbar ist man auch für die Zusicherung, daß die einzelnen Elemente dieser Gruppe in rascher Folge erscheinen werden. Auch hier ist von A. Grützner und C. Goetze eine Patentsammlung über die Legierungen der Platinmetalle erschienen, die nicht weniger als 536 Seiten umfaßt und damit aufs deutlichste beweist, daß hier ein technisch bereits sehr stark bearbeitetes Gebiet vorliegt.

Dem Referenten bleibt wiederum die angenehme Aufgabe, der Redaktion für diese wertvollen Bände den aufrichtigen Dank aller Fachgenossen auszusprechen. Eine Anregung darf vielleicht noch dahingehend gegeben werden, die Zahl der Figuren nicht allzu stark einzuschränken. Es ist z. B. für Zustandsdiagramme weit übersichtlicher, wenn sie gezeichnet als wenn sie beschrieben sind. Vielleicht ist es möglich, diesem Wunsche ohne allzugroße Mehrkosten zu entsprechen. W. Klemm, Danzig-Langfuhr.

v. SZENT-GYÖRGYI, ALBERT, **Studies on Biological Oxydation and some of its Catalysts.** Leipzig: J. A. Barth 1937. 98 S. und 12 Abbild. 17 cm × 24 cm. Preis brosch. RM 5.—, geb. RM 6.50.

In dem vorliegenden, in englischer Sprache erschienenen Buch schildert Szent-Györgyi seine Lebensarbeit über den Mechanismus der Atmung im tierischen und pflanzlichen Organismus. Das Werk vermittelt einen guten Überblick über dieses Gebiet. Es will aber durchaus nicht eine umfassende, systematische Darstellung der biologischen Oxydationsvorgänge geben. In einem allgemein verständlichen, sehr persönlich gehaltenen Stil wendet sich der Verf. an jeden überhaupt naturwissenschaftlich Interessierten. In mancher Hinsicht ist es den bekannten, allgemein verständlichen Büchern englischer Autoren über astronomische und physikalische Themen an die Seite zu stellen. In sehr launiger Weise wird geschildert, wie eine falsche Theorie zu der Entdeckung eines Vitamins führte; auf diese Weise wurde Szent-Györgyi eigentlich „wider seinen Willen" zum Nobelpreisträger, denn die Vitamine besitzen seine ausgesprochene Abneigung. Er sagt: „What food must contain to be wholesome is a question of primary interest to the cook rather than to the scientist." Gerhard Schramm, Berlin-Dahlem.

HEUSS, EUGEN, **Rationale Biologie und ihre Kritik.** (Eine Auseinandersetzung mit dem Vitalismus H. Driesch's.) (Studien und Bibliographien zur Gegenwartsphilosophie. Hrsg. von W. Schingnitz. Heft 24.) Leipzig: S. Hirzel 1938. X, 192 S. 17 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 6.—.

Eine erneute „Auseinandersetzung mit dem Vitalismus Driesch's" kann — einerlei von welchem Standpunkt aus sie erfolgt — auch jetzt noch fruchtbar sein. In Heuss' Schrift wird der Naturwissenschafter allerdings das, was er unter einer Auseinandersetzung versteht, vergeblich suchen; er findet kaum Behauptungen, zu denen er ja oder nein sagen könnte; denn das Buch ist in jener sog. „philosophischen" Terminologie geschrieben, die es zum mindesten dem Naturwissenschafter unmöglich macht, die Meinung des Verf. klar zu erkennen. Daher kann auch hier an Stelle einer Besprechung des Buches nur durch die Wiedergabe einiger der Schlußsätze angedeutet werden, was der Autor nachweisen will: „So schließt diese Untersuchung mit der Abwehr einer Deutung vom organischen Sein um der *wirklichen* Erfahrung willen. In ihrer Absicht lag es, zu zeigen, daß es für die erfahrungsnahe Wissenschaft vom Organischen ein Erkennen gibt, das sich nicht in den festgelegten Bahnen bewegt, in denen der Vitalismus mit seinem unzertrennlichen Gefährten, dem Mechanismus, fest darin steht. . . . Und darin dokumentiert sich seine Eigenständigkeit, daß es sich vom Zwang frei hält, der in jenen spekulativen Unternehmen ursächliches Erforschen des Lebens unlösbar mit der Forderung verkettet, auf ein dinghaftes Prinzip zurückzugehen."

E. Bünning, Königsberg i. Pr.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 16. X. 1937 berichtete Herr H. W. Ahlmann, Stockholm, über **Drei nordische Expeditionen nach Svalbard-Spitzbergen[1] und Island,** die er in den Jahren 1931, 1934 und 1936 durchgeführt hat. Die Expeditionen waren keine Entdeckungsfahrten, sondern dienten systematischer Forschungsarbeit an einem allgemeingeographischen Problem: den *Gletschern*, deren Stoffumsatz oder Ökonomie untersucht werden sollte. Es galt, das jährliche Budget der untersuchten Gletscher festzustellen, d. h. quantitative Werte zu finden, die nötig sind, um einen genaueren Einblick in das Gletscherproblem zu gewinnen, als wir ihn heute haben. Darüber hinaus soll diese Untersuchung heute noch lebendigen Eises dazu dienen, das wissenschaftliche Verständnis der großen diluvialen Vereisung zu vertiefen.

[1] Das norwegische Nebenland *Svalbard* besteht in der Hauptsache aus der Inselgruppe Spitzbergen; außerdem gehört noch die Bäreninsel dazu.

Die erste der drei Unternehmungen, die schwedisch-norwegische Expedition des Jahres 1931, führte nach dem Nordostland, der zweitgrößten Insel Spitzbergens, die von Inlandeis bedeckt und unbewohnt ist. Für die Fahrt stand Shackletons berühmtes Schiff „Quest" zur Verfügung. Am 24. VI. wurde Nordostland bei günstigen Wetterverhältnissen erreicht. Der Hauptteil der Expedition ging an Land, während die „Quest" weiterfuhr: um Nordostland herum und nach der Insel Svidö, der Todesinsel Andrees, dessen Lager gefunden wurde. Inzwischen arbeitete die Hauptexpedition auf Nordostland. Ein Teil hielt sich während des ganzen Sommers bei der Hauptstation auf und machte dort regelmäßige Beobachtungen. Ein anderer Teil, die sog. „Gletschergruppe", überquerte erstmalig in einer über etwa 400 km führenden Schlittenfahrt das ganze Binnenland der Insel. Es wurde festgestellt, daß sich die Gletscher überall in einem „sterbenden" Zustande befanden. Zweifellos wechseln Reihen von guten und schlechten Jahren ab; zur Zeit der Expedi-

tion herrschte ein eisarmes Stadium, das sich nach den Beobachtungen der Oxforder Expedition 1935/36 offenbar noch verschärft hat.

Im Jahre 1934 folgte als zweite der drei genannten Unternehmungen eine norwegisch-schwedische Expedition nach der Hauptinsel von Spitzbergen, und zwar diesmal unter der gemeinsamen Leitung von SVERDRUP und dem Vortragenden; sie verließ Bergen am 10. VI. Von Longyearbyen, dem Hauptort Spitzbergens, zog die Expedition zum Rande des „14.-Juli-Gletschers", dessen oberste Teile etwa 1000 m über dem Meeresspiegel liegen, während das Ende mit einem hohen Kliff zum Meere abbricht. Nach viertägigem Aufstieg wurde das Lager für zwei Monate aufgeschlagen. Die Expedition hatte ein konzentriertes geophysisch-glaziologisches Arbeitsprogramm, das die Mitnahme eines ganzen Arsenals von Instrumenten erforderte. Stündlich wurden die meteorologischen Elemente von der Schneeoberfläche bis zu 5 m Höhe, sowie in 5 m tief in den Schnee hineingeführten Schächten gemessen. Die Schmelz- und Strahlungsverhältnisse wurden genau registriert. Außerdem wurden Bohrungen bis zu 15 m Tiefe vorgenommen. Auf diese Weise wurde ein exaktes Beobachtungsmaterial zur Feststellung des Stoffumsatzes dieses Gletschers gewonnen, das mit einer Unsicherheit von höchstens 5% ein Defizit von 52 Millionen cbm Wasser ergab. Dieses Defizit ist so groß, daß es bei einer Fortdauer über mehrere Jahre eine Katastrophe für den Gletscher bedeuten müßte.

Das Ergebnis ist um so bedeutsamer, als es für das ganze arktische und subarktische Gebiet typisch zu sein scheint. Die Ursache sucht der Vortragende in einer Milderung des Klimas, hervorgerufen durch Zufuhr von Wärme aus höher temperierten Meeresgebieten infolge verstärkter Zirkulation in der Atmosphäre. Die Frage, ob diese Verhältnisse andauern werden, ist nicht sicher zu beantworten. Es ist jedoch anzunehmen, daß wieder kältere Jahre folgen werden, daß es sich also nur um eine „vorübergehende Woge im Strom der Zeit" handelt.

Zur methodischen Abrundung dieser Untersuchungen wurde die dritte — schwedisch-isländische — Expedition des Jahres 1936 durchgeführt. Es sollte dieses Mal ein Gebiet mit großem Niederschlag und großer Abschmelzung bearbeitet werden, und so hatte man das vergletscherte Hochland des Vatna Jökull auf Island ausgewählt, über dem sich das Zusammentreffen warmer Meeresluft und kalter Polarluft besonders stark auswirkt. Hier liegt eines der intensivsten atmosphärischen Energiezentren, und das fragliche Gebiet gehört mit 6500—7000 mm Jahresniederschlag zu den niederschlagsreichsten Gegenden der Erde außerhalb der Tropen. Diese mit schweren Unwettern verbundenen Witterungsverhältnisse machten das Arbeiten oft sehr mühselig.

Die Beobachtungsmethoden waren die gleichen wie bei den vorhergehenden Expeditionen. Zahlreiche Bohrungen wurden vorgenommen, zwölf Schachtprofile gewonnen. Sehr wertvoll für die Untersuchungen war die weit verbreitete Aschenschicht des Vulkanausbruches von 1934, die in den Schneeprofilen eine deutliche Kennmarke bildet und die Feststellung der seitdem gefallenen Schneemenge ermöglicht. Die Berechnung des Stoffumsatzes (für 1935/36) ergab auch hier ein Defizit von 450 Millionen cbm Wasser, d. i. ein um rund die Hälfte zu niedriges „Einkommen".

Herr H. KINZL, Innsbruck, sprach am 6. XI. 1937 über **Neue Fahrten in den Hoch-Anden Nordperus,** und zwar auf Grund einer Expedition, die er im Sommer 1936 zusammen mit E. SCHNEIDER und A. AWERZGER durchgeführt hat. Diese „neuen Fahrten", wie sie der Vortr. bescheiden nennt, waren die Fortsetzung der aus 7 Teilnehmern bestehenden, vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein veranstalteten und von PH. BORCHERS geleiteten Expedition des Jahres 1932, der E. SCHNEIDER und der Vortr. bereits angehört hatten. Beide Unternehmungen galten der Erforschung der gewaltigsten Kette der peruanischen Anden, der Cordillera Blanca. 1932 hatte man hauptsächlich im nördlichen Teil des noch fast unbekannten Gebirges gearbeitet, 5 Sechstausender bezwungen und als wichtigstes wissenschaftliches Ergebnis eine kartographische Aufnahme im Maßstab 1 : 100000 heimgebracht. Die neue Expedition 1936 hatte sich nun die Aufgabe gestellt, zunächst die Arbeiten des Jahres 1932 zu vervollständigen und anschließend den südlichen Teil der Kordillere zu erforschen.

Die Teilnehmer verließen Hamburg Mitte April 1936 und erreichten am 8. V. den peruanischen Hafen Talara. Die notwendigen Träger wurden angeworben, darunter ein bewährter Mann der vorigen Expedition; dann ging es ins Santa-Tal, wo der schon von 1932 her bekannte Ort Yungay zum Standquartier gewählt wurde. Das Ziel der ersten bergsteigerischen Unternehmung war der 5749 m hohe nördliche Hauptgipfel der Kordillere, der vergletscherte Nevado Champará, dessen Besteigung 1932 infolge widriger Umstände nicht gelungen war, diesmal aber von SCHNEIDER und AWERZGER am 3. VI. in einem Zuge durchgeführt werden konnte. Weitere Unternehmungen waren: die Erkundung des schwer zugänglichen Alpamayo-Tales, wobei der 6100 m hohe Quitoraju bezwungen wurde, und eine Fahrt in den nordöstlichen Teil der Kordillere, die SCHNEIDER zusammen mit einem im Lande ansässigen Deutschen unternahm. Währenddessen führte der Vortr., von AWERZGER unterstützt, mit Hilfe zahlreicher Pilotballonaufstiege eine genaue Untersuchung der Berg- und Talwinde des Santa-Tales durch. Damit waren die Arbeiten im nördlichen Teil des Gebirges abgeschlossen. Die Expedition verließ am 8. VII. Yungay und zog nach Süden, immer im Santa-Tal aufwärts, bis nach Tirapampa, wo das Standquartier für den zweiten Teil der Reise aufgeschlagen wurde. Ein Troß mit Pferden und Maultieren wurde gemietet. Bereits am 10. VII. zog die Forschungskarawane weiter talaufwärts, stieg über den Paß von Toca aus dem oberen Santa-Tal in das Chiquián-Tal und strebte einer mächtigen, in sich geschlossenen Gruppe der Cordillera Blanca zu, die mit einem in der Wissenschaft eingebürgerten, im Lande selbst aber in diesem Umfange nicht gebrauchten Namen als Kordillere von Huayhuash bezeichnet wird; der höchste, von den Einheimischen Yerupajá genannte Gipfel dieser Gruppe war 1927 von einer nordamerikanischen Expedition unter O. M. MILLER zu 6632 m bestimmt worden und ist damit der zweithöchste Berg von Peru (hinter dem Huascarán). Der Erkundung dieses Gebirges wurden 3 Wochen gewidmet. In dieser Zeit wurde eine sorgfältige photogrammetrische Aufnahme vorgenommen, die die Forscher vielfach bis nahe an die 5000 m-Grenze hinaufführte. SCHNEIDER und AWERZGER erstiegen den 6352 m hohen Nevado Siulá (Peak 14), SCHNEIDER noch den 6100 m hohen Nevado Rassac, einen Nebengipfel des Yerupajá. Für die Triangulierung wurde eine 450 m lange Basis gemessen.

Nach Beendigung der Arbeiten in der Kordillere von Huayhuash kehrten SCHNEIDER und AWERZGER auf dem früheren Wege in das Santa-Tal zurück, während der Vortr. zunächst entlang der Ostseite der

Cordillera Blanca nordwärts zog, dann das Gebirge westwärts überschritt und nach umfangreichen Erkundungsfahrten in Tirapampa anlangte, wo sich die beiden Gruppen wieder vereinten. Nach einigen Ruhetagen brach man am 25. VIII. wieder auf und zog — nach einem Abstecher zu den berühmten indianischen Altertümern von Chavin — zunächst nahe dem vergletscherten Hauptkamm des Gebirges nordwärts nach Huari, wobei sich vorzügliche Gelegenheit zu photogrammetrischen Aufnahmen bot. Dann ging es in großem Bogen westwärts über den Kamm hinweg, wieder in das Santa-Tal.

Die ungewöhnlich früh einsetzende Regenzeit beengte bald die Bewegungsfreiheit der Forscher. Von Huaras aus wurden noch einige Vorstöße in die benachbarten Kordillerentäler unternommen und Lücken in der bisherigen Vermessungstätigkeit ausgefüllt. Am 14. IX. wurden die Arbeiten endgültig abgeschlossen. In 2 Gruppen ging es zurück zur Küste, und schon am 23. IX. traten die Forscher von Puerto Chicama aus die Heimfahrt nach Bremen an. Sie durften mit Befriedigung auf die hinter ihnen liegenden Monate angestrengter Arbeit zurücksehen, die neben beträchtlichen bergsteigerischen Erfolgen einen wertvollen Beitrag zur Erkundung und kartographischen Aufnahme des peruanischen Hochgebirges geliefert hat.

Am 22. XI. 1937 legte Herr N. KREBS, Berlin, die **Erste Lieferung des „Atlas des deutschen Lebensraums in Mitteleuropa"** vor. In einem kurzen historischen Rückblick wies er darauf hin, daß seit 60 Jahren keine Gesamtdarstellung dieser Art geschaffen worden ist. Man hat nur Atlanten einzelner Teilgebiete gemacht, die an sich gut sind, aber bei weitem nicht den ganzen deutschen Raum erfassen und außerdem nach den verschiedensten Methoden bearbeitet sind. Dagegen hat das Ausland bedeutsame einheitliche Darstellungen geschaffen. So gibt es z. B. einen Atlas von Finnland, der wohl der beste dieser Art ist und schon in 3. Auflage vorliegt; ferner Atlanten von Polen, von Frankreich, von der Tschechoslowakei. In allen kehrt der Grundgedanke wieder, Volk und Lebensraum anschaulich und wissenschaftlich miteinander in Vergleich zu bringen, d. h. also: den Raum darzustellen in seiner Wirkung auf das Volk, und das Volk in seiner Wirkung auf den Raum. Dadurch wird das dargestellte Volkstum zugleich verdeutlicht wie auch dem Verständnis durch andere Völker nähergebracht.

Diese volksnationale Aufgabe für das deutsche Volksgebiet zu erfüllen, hat den Vortr. lange beschäftigt. Seine gemeinsam mit A. PENCK verfolgten Pläne traten seit 1929 an die Öffentlichkeit, fanden aber erst nach dem Umbruch wirkliches Verständnis bei den maßgebenden Stellen. 1934 berichtete PENCK darüber vor der Akademie der Wissenschaften in Berlin, in demselben Jahre der Vortr. selbst vor dem geographischen Kolloquium in Gegenwart von Vertretern der einschlägigen Behörden. Die Akademie übertrug dem Vortr. die Bearbeitung. Ein Redaktionsstab wurde geschaffen, die Mitarbeit vieler Sachkenner gewonnen. In großzügiger Weise wurden staatliche Zuschüsse zur Verfügung gestellt; den Verlag übernahm das Bibliographische Institut in Leipzig. Als erstes Ergebnis erschien nunmehr die von dem Vortr. vorgelegte erste Lieferung des Atlasses.

Der wichtigste Bearbeitungsgrundsatz ist folgender: Es handelt sich nicht um neue *Forschung*, aber auch nicht um reine Darstellung des Rohmaterials, sondern um eine *wissenschaftliche Verarbeitung dieses Materials nach oft erst neu zu erprobenden Methoden*. Ziel ist stets die mit einem Blick überschaubare und vergleichbare Gesamtdarstellung des geschlossenen deutschen Volkstums, das als Kulturgemeinschaft weit über die Grenzen des Deutschen Reiches — von Flandern bis Litauen, von Schleswig bis Südtirol — hinausgreift. Dementsprechend mußten auch die Kartenblätter geschnitten werden; dabei war es natürlich nicht möglich, alle deutschen Sprachinseln auf die Karte zu bekommen.

Innerhalb des gewählten Rahmens, der die Lage Deutschlands zwischen drei großen Meeren kennzeichnet, wird nach Möglichkeit der ganze Raum der Karte einheitlich behandelt. Daraus ergeben sich allerdings viele Schwierigkeiten, die in der Verschiedenartigkeit des gegebenen Materials ihre Ursachen haben. Denn die Statistik der zahlreichen einbegriffenen Staaten ist noch immer nicht auf einen Nenner gebracht, und so bleibt der Vergleichbarkeit wegen nichts anderes übrig, als sich nach dem Schwächsten zu richten. Ebenfalls aus Gründen der Vergleichsmöglichkeit mußte ein in dem überwiegenden Teil der Blätter vorherrschender Grundmaßstab festgelegt werden. Gewählt wurde der Maßstab 1:3 Millionen für die Reproduktion, 1:2 Millionen für die Arbeitsgrundlage.

Inhaltlich gliedern sich die Karten in 4 große Sachgruppen: 1. physikalische Verhältnisse; 2. kulturgeographische Verhältnisse; 3. der Mensch (Bevölkerung, Dichte, Verteilung, Rasse, Siedlungen usw.); 4. historische Zusammenfassung Deutschlands. Insgesamt wird der Atlas etwa 45 Blätter enthalten. Zu jeder Karte gehört ein Begleittext, der unter Vermeidung jeder Schablone den Sinn und Zweck im Rahmen des Ganzen sowie die Quellen und Methoden behandelt und kurz in das verständnisvolle Lesen des betreffenden Blattes einführt.

Der Vortr. zeigte eine Reihe gedruckter Blätter (im Epidiaskop), daneben auch einige im Manuskript vorhandene, und gab zu allen ausführliche Erläuterungen. Er schloß mit der Fragestellung: nutzt der neue Atlas der Forschung, oder ist er nur eine Darstellung uns bekannten Materials? Wie anfangs schon gesagt wurde, handelt es sich nicht um neue Forschung. Aber es hat sich jetzt schon herausgestellt, daß bei der Darstellung Zusammenhänge deutlich werden, die man früher nicht so gesehen hat, und daß hier nun die Forschung einzusetzen hat. So schließt sich der Kreis: die Karten beruhen auf dem Material der neuesten Forschung, und sie weisen ihrerseits der Forschung neue Wege.

KURT KAEHNE.

Bemerkung zu meinem Aufsatz: Molekulare Bauweisen tierischer Zellen und Gewebe und ihre polarisationsoptische Erforschung.

[Naturwiss. **26**, 481—490 u. 508—514 (1938).]

Herr Prof. K. H. MEYER in Genf macht mich darauf aufmerksam, daß durch die Legenden der Figuren 4 und 8, Seite 483, der Eindruck entstehen könnte, als ob die grundlegenden Einsichten über Anordnung und Raumerfüllung der Atome in der Eiweiß- und Cellulosekette auf ASTBURY zurückgingen, während diese Verhältnisse bekanntlich von MEYER und MARK geklärt wurden (s. das von mir auf S. 482 linke Spalte Anm. 3 zitierte Buch dieser Autoren). Ich möchte deshalb bemerken, daß der Hinweis auf ASTBURY bei der Legende der genannten Abbildungen nur die Herkunft der didaktisch wertvollen Abbildungen aus dem Buche dieses Autors (s. die genannte Anmerkung) kennzeichnen soll.

W. J. SCHMIDT, Gießen.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.